Bronius MERKYS

# ORLAIVIŲ FUNKCINĖS SISTEMOS

**Projekto kodas**
VP1-2.2-ŠMM 07-K-01-023

Studijų programų atnaujinimas pagal ES reikalavimus, gerinant studijų kokybę ir taikant inovatyvius studijų metodus

Vilnius „Technika“ 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Bronius MERKYS

# ORLAIVIŲ FUNKCINĖS SISTEMOS

Mokomoji knyga

MOKSLAS • EKONOMIKA • SANGLAUDA
EUROPOS SĄJUNGA
EUROPOS SOCIALINIS FONDAS
*Kuriame Lietuvos ateitį*

Vilnius „Technika" 2012

**B. Merkys. Orlaivių funkcinės sistemos:** mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2012, 115 p. [3,2 aut. l. 2012 08 30]

Knygoje išnagrinėtos svarbiausios šiuolaikinių orlaivių funkcinės sistemos. Aprašyti orlaivio sistemų darbo principai, jų veikimas ir išnagrinėta svarbiausių tų sistemų elementų konstrukcija, veikimo principai.

Leidinys skirtas aeronautikos mokslo krypties, aeronautikos inžinerijos srities bakalauro studijų programų studentams. Jis gali būti naudojamas kaip „Orlaivių funkcinių sistemų“, modulio studijų vadovėlis.

Leidinį rekomendavo VGTU Antano Gustaičio aviacijos instituto studijų komitetas

Recenzavo: habil. dr. prof. Eugenijus Pileckas, AGAI Aviacijos prietaisų katedra
lektorius Kęstutis Leonavičius, AGAI aviacinės mechanikos katedra

Leidinys parengtas ir išleistas už Europos struktūrinių fondų lėšas, jomis finansuojant VGTU Transporto inžinerijos, Biomechanikos ir Aviacinės mechanikos inžinerijos projektą „Studijų programų atnaujinimas pagal ES reikalavimus, gerinant studijų kokybę ir taikant inovatyvius studijų metodus“ pagal Lietuvos 2007–2013 m. Žmogiškųjų išteklių veiksmų programos 2 prioriteto „Mokymasis visą gyvenimą“ VP1-2.2-ŠMM-07-K priemonę „Studijų kokybės gerinimas, tarptautiškumo didinimas“. Projekto kodas Nr. VP1-2.2-ŠMM 07-K-01-023, finansavimo ir administravimo sutartis Nr. VP1-2.2-ŠMM-07-K-01-023.

VGTU leidyklos TECHNIKA 1369-S mokomosios
metodinės literatūros knyga
*http://leidykla.vgtu.lt*

Redaktorė *Ramutė Pinkevičienė*
Maketuotoja *Daiva Šepetauskaitė*

eISBN 978-609-457-254-8
doi:10.3846/1369-S

© Bronius Merkys, 2012
© Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2012

# TURINYS


Įvadas ..... 5
1. Valdymo sistemos ..... 6
1.1. Mechaninės valdymo sistemos ..... 10
1.1.1. Standžiosios mechaninės valdymo sistemos ..... 11
1.1.2. Lanksčiosios mechaninės valdymo sistemos ..... 16
1.1.3. Mišriosios valdymo sitemos ..... 21
2. Hidraulinės ir elektrinės valdymo sistemos ..... 24
2.1. Nemechaninių valdymo sistemų tipai ..... 24
2.2. Hidraulinės valdymo sistemos ..... 25
2.3. Elektrinės valdymo sistemos ..... 29
2.4. Mišriosios valdymo sistemos ..... 30
2.5. Valdymo sistemų elementai ..... 30
2.5.1. Apkrovikliai ..... 30
2.5.2. Priemonės, saugančios valdymo sistemą, kad neužsiblokuotų dingus slėgiui ..... 33
3. Hidraulinės sistemos ..... 34
3.1. Hidraulinių sistemų slėgio šaltiniai ..... 37
3.1.1. Hidrauliniai siurbliai ..... 37
3.1.2. Hidroakumuliatoriai ..... 43
3.2. Hidraulinės pavaros ..... 46
3.3. Bakai ..... 50
3.4. Valdymo įranga (skirstytuvai) ..... 53
3.5. Reguliavimo įranga ..... 55
3.6. Filtrai ..... 59
3.7. Pagalbinė įranga ..... 60
4. Suslėgto oro (pneumatinės) sistemos ..... 62
4.1. Pneumatinių sistemų slėgio šaltiniai ..... 63
4.2. Slėgio reguliatoriai ..... 64
4.3. Apsauginiai vožtuvai ..... 66
4.4. Redukciniai vožtuvai ..... 67
4.5. Skirstytuvai ..... 67
4.6. Kiti įrenginiai ..... 68

4.7. Techninė pneumatinių sistemų priežiūra ..... 70
4.8. Būdingi pneumatinių sistemų gedimai ..... 70
5. Oro kondicionavimo sistemos ..... 71
5.1. Lėktuvų su nehermetiškomis kabinomis oro kondicionavimo sistemos ..... 72
5.2. Lėktuvų, turinčių hermetiškas kabinas ir stūmoklinius vidaus degimo variklius, kondicionavimo sistemos ..... 74
5.3. Lėktuvų su turbininiais varikliais kabinos oro kondicionavimas ..... 75
5.4. Svarbiausių orlaivių kondicionavimo sistemos elementų konstrukcija ir veikimas ..... 81
5.5. Kondicionuoto oro paskirstymas ir panaudoto oro pašalinimas ..... 86
5.6. Kondicionavimo sistemos valdymas ..... 87
6. Oro slėgio kabinoje reguliavimo sistemos ..... 89
7. Civilinių lėktuvų deguonies sistemos ..... 101
7.1. Mobilieji deguonies įrenginiai ..... 104
7.2. Stacionariosios komercinių orlaivių deguonies sistemos ..... 106
Literatūra ..... 115

# ĮVADAS

Pirmasis brolių Wrightų sukurtas lėktuvas turėjo tik valdymo ir degalų sistemas. Ilgainiui aviacijai vystantis, orlaiviuose diegiamų sistemų gausėjo. Kai lėktuvai pradėjo skraidyti dideliuose aukščiuose, įgulai, o vėliau ir keleiviams reikėjo sudaryti tinkamas sąlygas saugiam skrydžiui. Taip atsirado oro kondicionavimo ir kabinos slėgio palaikymo sistemos. Itin didelę įtaką orlaivių sistemų raidai turėjo reaktyvinių variklių atsiradimas. Pastaruoju metu orlaivių sistemos smarkiai evoliucionuoja elektroninių komponentų diegimo kryptimi. Vis dėlto naujausios kartos sistemų veikimo principai dažniausiai išlieka nepakitę.

Šioje mokomojoje knygoje bandoma apžvelgti ir išnagrinėti svarbiausias orlaivių mechanines sistemas, supažindinti su jų veikimo principais. Knyga skirta VGTU Aviacijos instituto studentams, studijuojantiems orlaivių sistemas. Joje neaptariamas elektros ir elektroninių sistemų darbas bei jų veikimo principai.

Kadangi valdymo sistema vienokiu ar kitokiu pavidalu yra beveik kiekviename orlaivyje, būtent nuo valdymo sistemų ir pradedama nagrinėti orlaivių sistemas. Be to, valdymo sistema tiesiogiai daro įtaką skrydžio saugai. Visiškai sugedus valdymo sistemai, orlaivis nebegali saugiai tęsti skrydžio. Taigi valdymo sistemą neabejotinai galima priskirti prie visais požiūriais svarbiausių sistemų.

Taip pat reikia pažymėti, jog šiuolaikinių orlaivių sistemos yra glaudžiai susijusios tarpusavyje. Pavyzdžiui, hidraulinė valdymo sistema tiesiogiai priklauso nuo hidraulinės sistemos darbo. Daugumoje naujausios kartos orlaivių įdiegtos sistemos, turinčios skaitmeninį valdymą, glaudžiai siejasi tarpusavyje. Praktiškai visos šiuolaikinių orlaivių sistemos, turėdamos daug elektrinių ir elektroninių elementų, priklauso nuo elektros tiekimo sistemos.

Tačiu norint suvokti visų orlaivio sistemų darbą kaip vieną visumą, būtina gerai išmanyti kiekvienos atskirai paimtos sistemos darbo principus. Būtent tiems principams išaiškinti ir skiriama daugiausia dėmesio šioje mokomojoje knygoje.

# 1. VALDYMO SISTEMOS

Pasitelkus valdymo sistemą lėktuvas priverčiamas judėti reikiama trajektorija ir išbalansuojamas kuriam nors skrydžio režimui.

Prie valdymo sistemų priskiriama:

- vairų (eleronų, aukščio ir krypties vairų) valdymo sistemos;
- trimerių valdymo sistemos;
- interceptorių valdymo sistemos;
- užsparnių valdymo sistemos;
- priešsparnių valdymo sistemos.

Kiekviena iš šių sistemų dar vadinama atitinkamo kanalo valdymu, o visų kanalų visuma – lėktuvo valdymo sistema.

Reikalavimai, keliami valdymo sistemoms:

1. Valdymo paviršių atsilenkimo kampai turi būti pakankami ir dar su nedidele atsarga, kad būtų galima valdyti lėktuvą visais skrydžio režimais;

2. Valdymo rankenas veikiančios jėgos turi būti nukreiptos į priešingą rankenos atlenkimo pusę ir tolygiai didėti augant vairo atlenkimo kampui;

3. Didžiausios ir mažiausios valdymo rankenų atlenkimo jėgos turi atitikti orlaivio klasei keliamus reikalavimus (šie reikalavimai nurodyti CS-uose);

4. Valdymo rankenų atlenkimo kampai turi būti ribojami reguliuojamais ribotuvais (ribotuvas turi būti kuo labiau priartintas prie valdymo rankenos);

5. Kai viena rankena valdomi du vairai (pavyzdžiui, vairalazde valdant eleronus ir aukščio vairus), vieno vairo atsilenkimas turi būti nepriklausomas nuo kito;

6. Kojinio valdymo pedalai turi būti reguliuojami pagal piloto duomenis;

7. Valdymo sistemos elementai bei jų jungtys turi būti kuo mažiau atlaisvinti, o trinties jėgos sistemoje – ne didesnės kaip 70 N;

8. Valdymo sistemos elementai turi būti apsaugoti, kad jų niekas nesuspaustų;

9. Būtina užtikrinti, kad pašaliniai objektai nepakliūtų į sistemą;

10. Neperžengiant leistinų ribų, kai deformuojasi lėktuvo konstrukcijos elementai, valdymo sistema turi normaliai veikti nestrigdama;

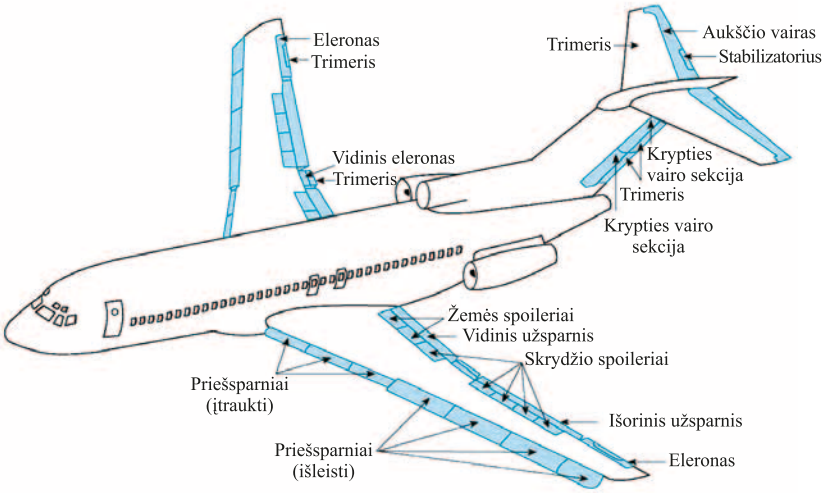
11. Negalima leisti kilti valdymo sistemos traukių, lynų bei kitų elementų rezonansiniams virpesiams;

12. Sistemoje turi būti numatyti vairų ir (arba) pačios sistemos blokavimo elementai lėktuvui stovint.

Valdymo sistemų tipai pagal poveikio principą:

– aerodinaminis valdymas (atlenkiant vairus arba deformuojant aerodinaminius paviršius);
– balansyrinis valdymas (keičiant lėktuvo masės centro padėtį);
– reaktyvinės srovės vairais.

Aerodinaminis valdymas šiuo metu labiausiai paplitęs valdymo būdas. Paprastai tai daroma atlenkiant vairus, tačiau yra įvairių eksperimentinių orlaivių, kurie valdomi deformuojant aerodinaminius paviršius. Įdomu tai, kad brolių Raitų lėktuvas irgi buvo valdomas deformuojant sparną.




**1.1 pav.** Didelio transportinio lėktuvo aerodinaminiai vairai.

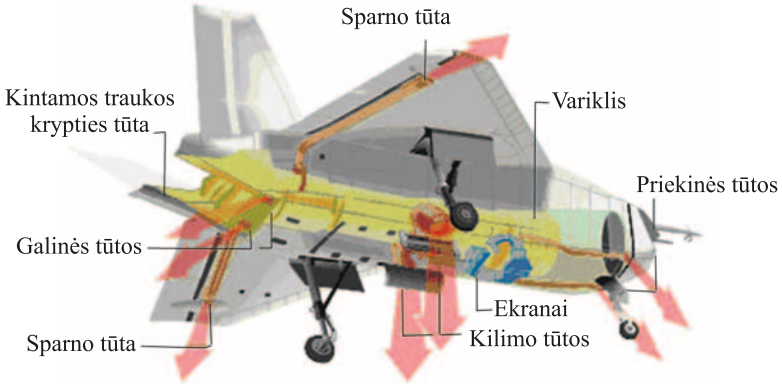
Lėktuvo skrydžio trajektoriją galima keisti, keičiant jo masės centro padėtį. Taip valdomos skraidyklės. Taip pat yra sukurta keletas tipų ultralengvųjų ir lengvųjų lėktuvų, valdomų keičiant jų masės centro padėtį.

**1.2 pav.** Skraidyklė.

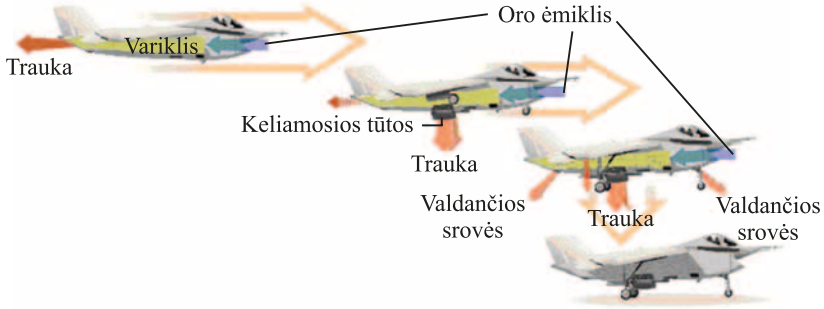
Skraidyklės pilotas diržais pakabintas jos apačioje. Rankomis prisitraukdamas ar atsistumdamas nuo trikampės „trapecijos“ arba pastumdamas savo kūną į kurį nors šoną, jis keičia sistemos „pilotas ir skraidyklė“ masės centro padėtį.

Reaktyvinės srovės vairai (dar vadinami sroviniais) plačiai naudojami vertikaliai kylančiuose ir besileidžiančiuose lėktuvuose su reaktyviniais varikliais. Dauguma tokių lėktuvų turi ir aerodinaminį valdymą, tačiau jis negali būti naudojamas, kai lėktuvas skrenda nedideliu greičiu arba iš viso kabo vienoje vietoje.

**1.3 pav.** Lėktuvas X-32.




**1.4 pav.** Lėktuvo X-32 valdymas reaktyvinės srovės vairais.




**1.5 pav.** Lėktuvo X-32 valdymas naudojant srovinių vairų sistemą.

Bet kokia lėktuvo valdymo sistema visuomet sudaryta iš:

a) valdymo rankenų, kuriomis pilotas duoda komandas valdymo sistemai;

b) tarpinių grandžių, perduodančių šias komandas vairams;

c) vairų.

Šis skirstymas ne visuomet galioja specifinėms sistemoms. Pavyzdžiui, skraidyklių valdymo sistemose paprastai nėra nei vairų, nei tarpinių grandžių.

Pagal tai, kaip piloto komandos rankenomis perduodamos vairams, sistemos skirstomos į;

A. Mechanines. Jose piloto komandos nuo valdymo rankenų vairams perduodamos tiesiogiai mechaniniais elementais.

B. Hidraulines. Jose valdymo rankenų komandos skysčiu perduodamos hidrauliniams mechanizmams, veikiantiems vairus.

C. Elektrines. Valdymo rankenų judesys paverčiamas elektriniais signalais. Jie valdo elektrines vairų pavaras. Savo ruožtu elektrinės valdymo sistemos gali būti:

– elektromechaninės;

– elektromechaninės ir skaitmeninės.

D. Mišrias. Šio tipo sistemose yra visų išvardytų tipų elementų.

## 1.1. Mechaninės valdymo sistemos

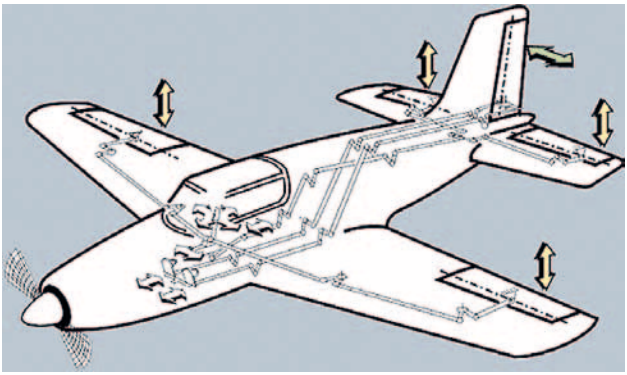
Šios tipo sistemos itin plačiai naudojamos sąlyginai nedideliuose ir mažais ikigarsiniais greičiais skraidančiuose lėktuvuose. Yra keletas tipų lėktuvų, skraidančių iki 800 km/h greičiu, šių lėktuvų kilimo masė siekia keliasdešimt tonų, jie turi visas ar dalį mechaninių valdymo sistemų. Vis dėlto tokių sistemų taikymą riboja tai, kad jose vairai veikiami tiesiogiai įgulos fizinės jėgos. Be to, jos neleidžia išgauti sudėtingų valdymo dėsnių, didelių gabaritų orlaivyje tokia sistema gali būti sunki, turinti didelius trinties nuostolius.

Mechaninės valdymo sistemos būna:

1. Standžiosios (judesys perduodamas standžiais valdymo sistemos elementais).

2. Lanksčiosios. Jose judesys perduodamas lanksčiais lynais.

### 1.1.1. Standžiosios mechaninės valdymo sistemos



**1.6 pav.** Standžiosios mechaninės lėktuvo valdymo sistemos komponavimo schema.

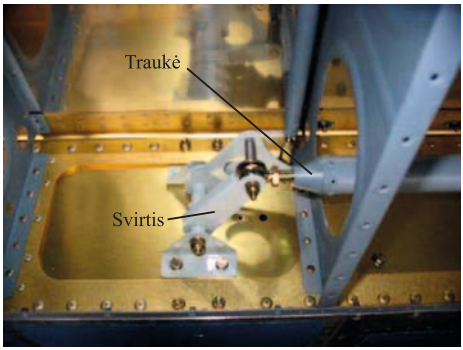
Svarbiausi standžiųjų valdymo sistemų elementai: traukės, svirtys, liunetai. Standžiosiose mechaninėse valdymo sistemose gali būti perduodamas ne tik slenkamasis, bet ir sukamasis judesys. Jis perduodamas velenais.

Standžiųjų valdymo sistemų privalumai:

1. Jos gana standžios (veikiamos krūvių, jų traukės deformuojasi palyginti nedaug).
2. Palyginti su lanksčiosiomis, jose mažesnės trinties jėgos.
3. Paprasčiau pasiekti diferencialinį valdymo dėsnį (kai sistemos perdavimo santykis priklauso nuo jos eigos ir nevienodas į abi puses).
4. Paprastesnė eksploatacija, nes standžiosios valdymo sistemos nereikia dažnai reguliuoti.

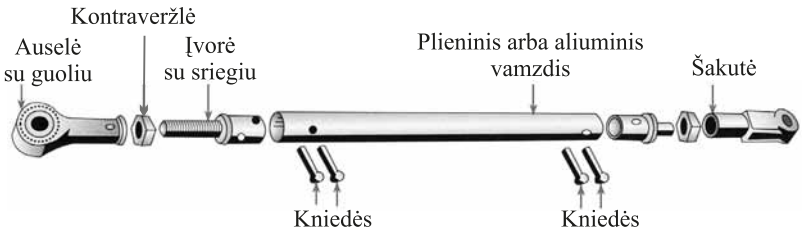
Be privalumų, standžiosios valdymo sistemos turi ir trūkumų:

1. Nemaža sistemos masė.
2. Traukėse gali kilti pavojingų rezonansinių virpesių.
3. Traukių konstrukcija gana sudėtinga (palyginti su lynais).
4. Šio tipo sistemas sunkiau įkomponuoti į orlaivį.




**1.7 pav.** Standžiosios valdymo sistemos elementai (lėktuvas RV-8).

Traukė paprastai sudaryta iš vamzdžio ir dviejų antgalių. Sistemai veikiant, traukė tempiama arba gniuždoma. Vamzdis dažniausiai būna aliuminio lydinių, rečiau – plieninis. Pastaruoju metu naudojami iš armuotų plastikų pagaminti vamzdžiai. Traukės gali būti reguliuojamojo ir nereguliuojamojo ilgio. Tai priklauso nuo antgalio konstrukcijos. Reguliojamojo ilgio traukėmis kompensuojami valdymo sistemos surinkimo netikslumai.Reguliojamojo ilgio traukės vienas arba abu antgaliai tvirtinami per srieginę jungtį.

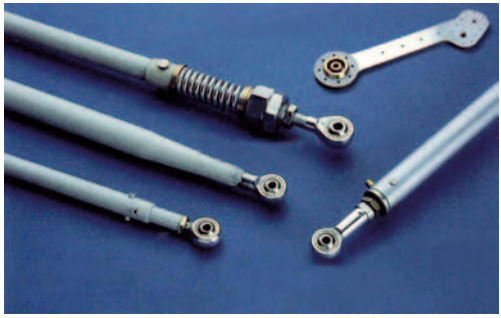



**1.8 pav.** Tipinės valdymo sistemos traukės sandara.

Traukės turi būti tiesios, nors kartais naudojamos kreivos traukės, kurios yra išimtis, o ne taisyklė. Reguliuojamosios traukės galas sudarytas iš įvorės, auselės ar šakutės, kontraveržlės. Kontraveržlė dažniausiai nuo atsisukimo apsaugoma specialia figūrine poveržle. Kontraveržlė ne tik saugo šakutę, kad neatsisuktų, bet ir šalina srieginės jungties laisvumą.

**1.9 pav.** Auselės tipo standžiosios valdymo traukės antgaliai su lankstiniu guoliu.

Įvorė su vamzdžiu jungiama kniedėmis, valcuojant, virinant, klijuojant. Nereguliojamasis auselės ar šakutės tipo antgalis su traukės vamzdžiu jungiamas tais pačiais būdais kaip ir įvorė. Siekiant sumažinti valdymo sistemos trintis, auselės ar šakutės tipo antgaliai gali būti su guoliais ar specialiomis, trintį mažinančiomis, įvorėmis. Antgaliuose dažnai įtvirtinami guoliai, leidžiantys šiek tiek jų žiedams persisukti (įvairaus tipo „sferiniai“ guoliai). Taip palengvinamas sistemos surinkimas, išvengiama jos strigimo deformuojantis orlaivio struktūrai ar kai sistema yra kraštinių padėčių. Kai kuriose valdymo sistemose būtina, kad traukės antgalis sukiotųsi įvairiais kampais. Tuomet antgalis su įvore jungiamas per du atraminius guolius.

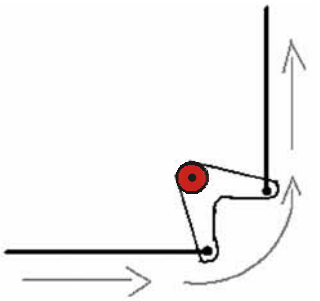


**1.10 pav.** Įvairios traukės. Dešinėje viršuje – svirtis.

Kita standžiųjų valdymo sistemų elementų grupė – svirtys. Jos paremia traukes, leidžia keisti sistemos perdavimo santykį, judesio perdavimo dėsnį (šiek tiek) ir keisti traukėmis perduodamo judesio kryptį. Stengiamasi, kad svirtys būtų lenkiamos tik savo plokštumoje.

**1.11 pav.** Valdymo svirtys.

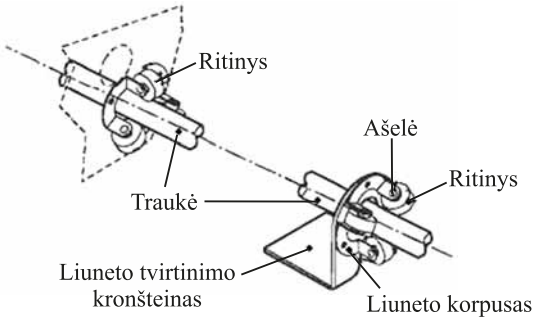
Valdymo svirtys gaminamos iš aliuminio, magnio, plieno lydinių, plastikų. Svirtis ašimi tvirtinama prie orlaivio struktūrinių elementų. Dažniausiai tvirtinti naudojamos gembės. Tvirtinimo ašis yra ir svirties sukimosi ašis. Svirties centre įpresuojami guoliai arba trintį mažinančios įvorės. Svirtis gali būti tiek monolitinė, tiek suvirinta ar suklijuota.



**1.12 pav.** Valdymo sistemos svirties veikimas kaičiant traukės judesio kryptį.

Išilgai savo ašies judančioms traukėmas paremti naudojami liunetai. Kiekvienas liunetas – tai trys ritinėliai, apglėbiantys traukę iš-

dėstyti kas 120 °. Liunetų ritiniai gaminami iš plastmasės ar iš minkšta medžiaga dengto metalo.



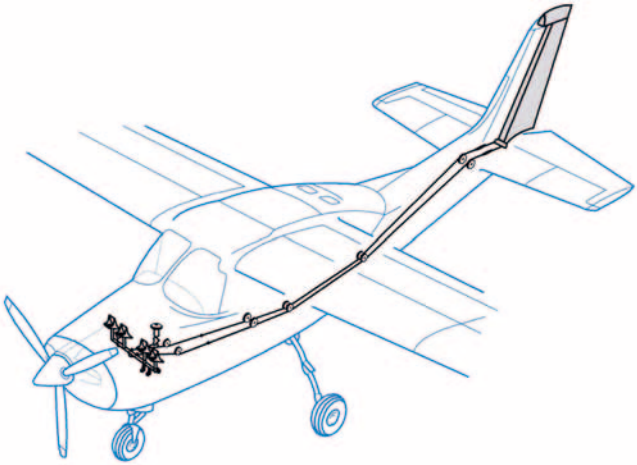

**1.13 pav.** Liunetais paremta traukė.

Ritinio centre įpresuojamas guolis. Pats ritinys prie korpuso auselių tvirtinamas per ašelę su ekscentriku, leidžiančiu pareguliuoti atstumą tarp liuneto ritinių. Liunetai sureguliuojami taip, kad tarp ritinio ir traukės vamzdžio būtų garantuotas tarpelis. Liunetas neleidžia traukei užstrigti, kai veikiama krūvių orlaivio konstrukcija deformuojasi, tačiau tai galima pasiekti tik montuojant ne daugiau kaip du liunetus ant vienos traukės. Kadangi liunetais traukės paremiamos, juos galima naudoti ne tik kritiniams gniuždymo krūviams padidinti, bet ir savų svyravimų dažniui pakeisti. Konstruojant sistemą su liunetais paremtomis traukėmis būtina pasiekti, kad šios traukės judėtų tik išilgai savo ašies.

**1.14 pav.** Standaus tipo mechaninės valdymo sistemos fragmentas.

### 1.1.2. Lanksčiosios mechaninės valdymo sistemos

Tokio tipo sistemose judesys perduodamas lanksčiais lynais.



**1.15 pav.** Tipinės lanksčiosios mechaninės valdymo sistemos komponavimo schema (krypties vairo valdymas).

Lanksčiosiose valdymo sistemose komandinis judesys perduodamas dviem lanksčiais elementais (paprastai tai būna lynai), jungiančiais valdymo rankeną su vairu. Jėga perduodama vienu įtemptu lynu. Kitas lynas reikalingas vairui atlenkti į priešingą pusę. Lynai nutiesiami taip, kad valdant vienas jų nebūtų pertempiamas, o kitas per daug atlaisvinamas. Tam naudojami sektoriai – skridinių segmentai. Sistema komponuojama taip. kad esant neutraliai padėčiai lynas su valdymo svirtimi sudarytų 90° kampą.

Lyno kryptis keičiama skridiniais. Kuo mažesniu kampu lynas apglėbia skridinį, tuo mažesnė trintis bei lyno ir skridinio dėvėjimasis sistemoje. Todėl nerekomenduojamas didesnis kaip 90° lyno krypties keitimo kampas viename skridinyje.

Lanksčios valdymo sistemos privalumai:

1. Mažesnė nei standžiosios sistemos masė.
2. Lengviau ir paprasčiau nutiesti lynus.
3. Sistema mažiau jautri rezonansiniams virpesiams.

Tačiau tokios sistemos turi ir trūkumų;

1. Sistemoje visuomet yra tampriųjų laisvumų (dėl lynų tamprumo), todėl gali sumažėti vairų kritinis flaterio greitis.

2. Orlaivio konstrukcijai deformuojantis, lynai gali atsilaisvinti arba persitepti. Pirmuoju atveju sistemoje atsiranda laisvumų, antruoju – padidėja trintys, mechaniškai perkraunami visi sistemos elementai.

3. Paprastai šio tipo sistemoms būdinga padidėjusi trintis (palyginti su standžiosiomis sistemomis).

4. Kadangi laikui bėgant lynai išsitampo, būtina periodiškai juos pertampyti ar bent patikrinti įtempimus.

Svarbiausi lanksčiosios sistemos elementai:

a) lynai;

b) skridiniai;

c) sektoriai;

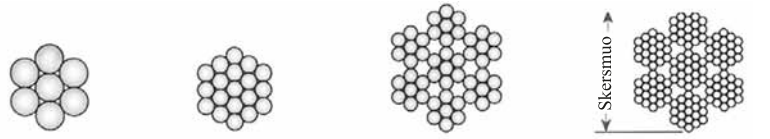
d) svirtys;

e) įtempikliai (tenderiai):

f) kreipiančiosios;

g) kompensatoriai.

Orlaivių valdymo sistemose naudojami iš plieno gijų susukti lynai. Jų skersmuo varijuoja nuo mažiau nei milimetro iki daugiau kaip 10 mm. Lynai charakterizuojami skersmens ir lankstumo tipu. Pastarasis priklauso nuo gijų kiekio ir jų supynimo būdo.

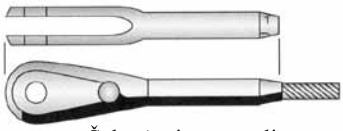



**1.16 pav.** Lynų lankstumo tipai.

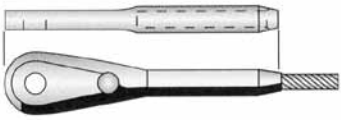
Prieš montuojant į orlaivį, lynai ištampomi krūviu, lygiu 0,5 suardančiojo.

Lynų galai baigiasi antgaliais arba kilpomis. Lynai su antgaliais jungiami pastaruosius valcuojant.

Antgalis su sriegiu

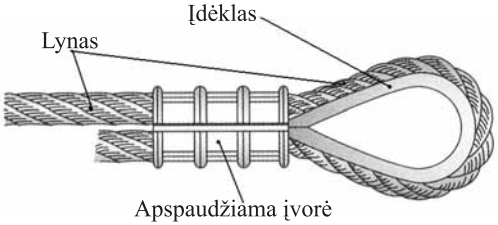


Šakutės tipo antgalis



Auselės tipo antgalis

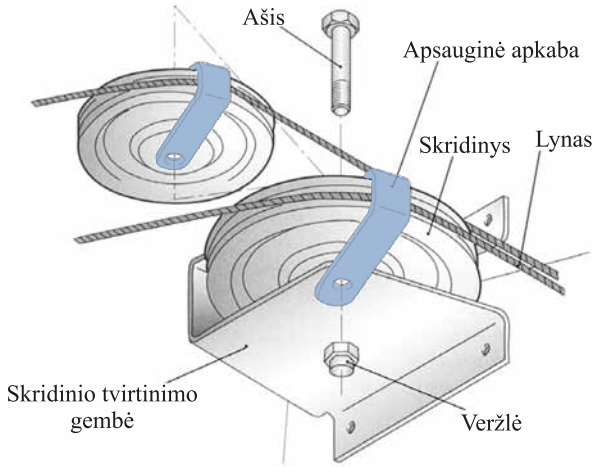
**1.17 pav.** Lynų antgaliai.




**1.18 pav.** Kilpos tipo lyno antgalis.

Formuojant kilpos tipo antgalį į kilpos vidų įdedamas įdėklas, saugantis, kad lynas nenusitrintų, o kilpa uždaroma apspaudžiama įvore.

Skridiniais keičiama lynų kryptis, jie paremiami. Skridiniai gaminami iš armuotų plastikų. Skridinio centre įliejama metalinė įvorė, į kurią įpresuojamas guolis. Ašimi skridinys jungiamas prie tvirtinimo gembės. Ši tvirtinama prie orlaivio struktūros.




**1.19 pav.** Tipinė skridinio konstrukcija.

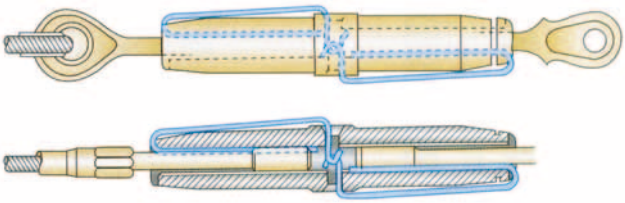
Kad atsipalaidavęs (pavyzdžiui, dėl konstrukcijos deformacijos) lynas nenušoktų nuo skridinio, pastarasis apgaubiamas apsaugine apkaba.

Sektorius savo konstrukcija analogiškas skridiniui, tik sudaro išpjautą skridinio segmentą. Naudojamas, kai reikia nedaug pakeisti lyno kryptį ar pasiekti pastovų perdavimo santykį.

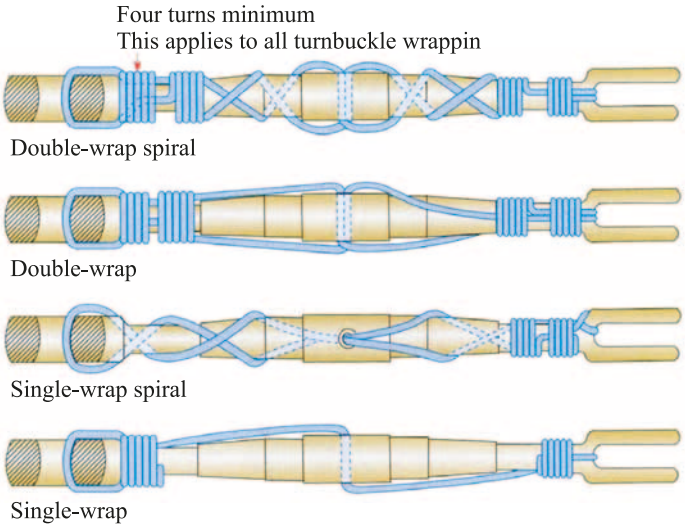
Lanksčiosiose valdymo sistemose naudojamos tokios pat svirtys kaip ir standžiosiose.

Įtempikliai (tenderiai). Jais reguliuojamas lynų įtempimas. Įtempiklis sudarytas iš korpuso, į kurį iš galų sriegiais įsukti antgaliai. Korpuso vidiniame cilindriniame paviršiuje įsriegtas sriegis. Viename gale sriegis dešininis, kitame – kairinis. Analogiškai įsukamieji antgaliai turi skirtigų krypčių sriegius. Sukant korpusą į vieną pusę, abu antgaliai įsisuka įtempdami lyną, sukant į priešingą pusę – atsisuka. Tuomet lyno įtempimas mažėja.

**1.20 pav.** Įtempiklo schema.

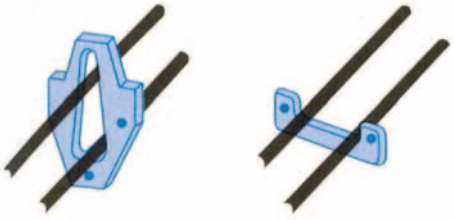


**1.21 pav.** Įtempiklio vaizdas ir konstrukcija.




**1.22 pav.** Įtempiklio apsauga nuo apsisukimo.

Kreipiančiosios naudojamos, siekiant apsaugoti lynus ir konstrukcijos elementus nuo tiesioginio mechaninio kontakto, kad lynai neprasitrintų ir nebūtų pažeistos konstrukcijos.

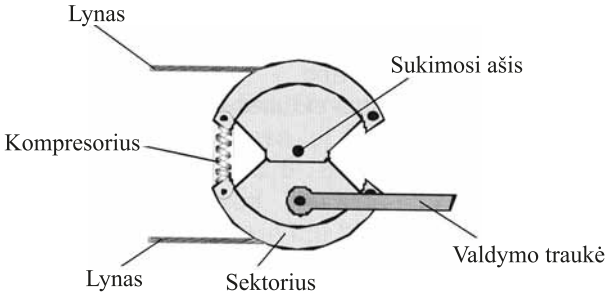


Standi kreipiančioji Plastmasinė plokštelė

**1.23 pav.** Lynų kreipiančiosios.

Kreipiančiosiomis taip pat galima pakeisti lynų svyravimų dažnį, taip išvengiant jų rezonansinių virpesių.

Kompensatoriai kompensuoja lynų įtempimo pokytį keičiantis aplinkos temperatūrai (kintant temperatūrai, kinta sistemos lynų ilgiai ir jų įtempimo jėgos). Jie taip pat apsaugo sistemą nuo pertempimo ar atsilaisvinimo orlaivio struktūrai deformuojantis.

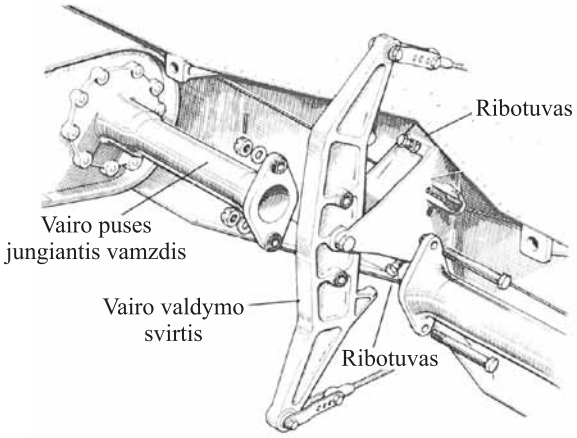



**1.24 pav.** Kompensatoriaus schema.

### 1.1.3. Mišriosios valdymo sitemos

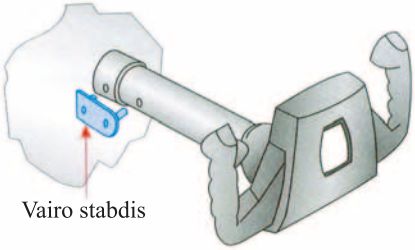
Dalis tokios sistemos yra sudaryta iš lanksčiosios, o kita dalis – standžiosios sistemų elementų. Mišriosios sistemos gana plačiai naudojamos orlaiviuose. Atskiroms jų dalims (atsižvelgiant į tų dalių tipą) būdingi abiejų tipų sistemų privalumai ir trūkumai.

Visų tipų mechaninėse valdymo sitemose turi būti numatyti ribotuvai. Vieni ribotuvai įtaisomi prie vairo, kad į kraštines padėtis atsilenkęs vairas atsiremtų būtent į ribotuvą ir negalėtų susiliesti su aplink jį esančiais orlaivio konstrukcijos elementais. Kitas ribotuvas montuojamas prie atitinkamos vairo valdymo rankenos. Visiškai atlenkta rankena  turi atsiremti į ribotuvą.



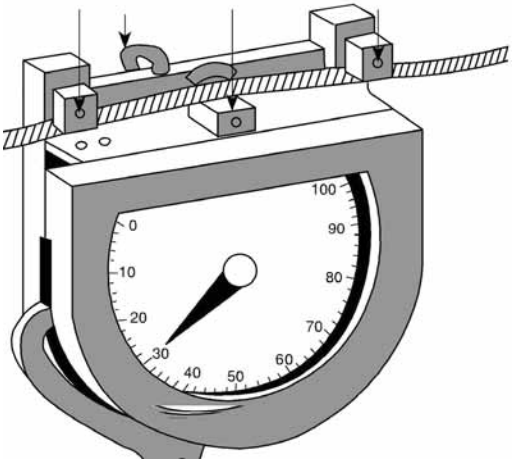

**1.25 pav.** Pagrindinis vairo ribotuvas (stabdis).

Kad neskrendant vėjas nejudintų ir nelaužytų vairų, sistemoje numatomi lengvai kabinoje uždedami ir nuimami mechaniniai stabdžiai – fiksatoriai. Labai svarbu, kad jie būtų matomi ir įgula per klaidą nepradėtų skrydžio „užrakinta“ valdymo rankena.



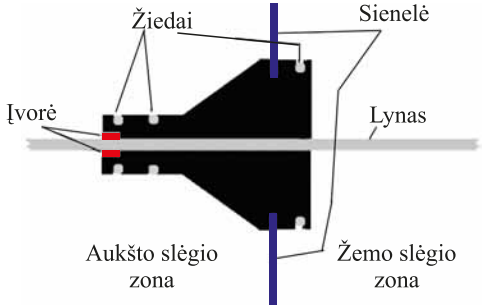

**1.26 pav.** Mechaninės sistemos šturvalo stabdžio – fiksatoriaus pavyzdys.

Mechaninių sistemų lynų įtempimas kontroliuojamas specialiais matuokliais.




**1.27 pav.** Valdymo sistemos lyno įtempimo matuoklis.

Jei lėktuvo kabina hermetiška, iš jos išeinančios valdymo sistemos traukės ir lynai turi būti sandarinami.




**1.28 pav.** Valdymo sistemos lyno perėjimo per hermetinę sienelę sandarinimas.

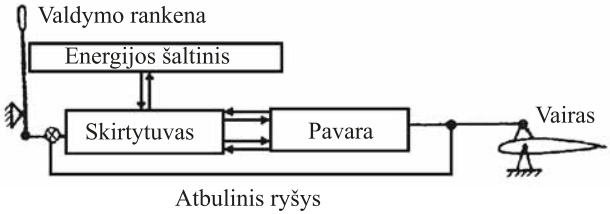
# 2. HIDRAULINĖS IR ELEKTRINĖS VALDYMO SISTEMOS

## 2.1. Nemechaninių valdymo sistemų tipai

Dideliuose arba greitai skraidančiuose lėktuvuose atlenkti vairams nepakanka įgulos narių fizinės jėgos. Tokiuose lėktuvuose naudojamos valdymo sistemos, kuriose vairams atlenkti naudojama energija gaunama iš papildomų šaltinių, o pilotas tik valdo jos paskirstymą.

Tiek karinių, tiek civilinių lėktuvų nemechaninės valdymo sistemos dubliuojamos nuo dviejų iki keturių kartų. Tai reiškia, kad tiek visiškai nepriklausomų valdymo sistemų instaliuojama orlaivyje. Tokiu atveju svarbu užtikrinti, kad neveikianti sistema neblokuotų veikiančios. Apsaugos nuo blokavimo būdai bus išnagrinėti žemiau. Mechaninės valdymo sistemos dubliuojamos rečiau. Tačiau kariniuose lėktuvuose dėl padidėjusios kovinio pažeidimo rizikos dažnai dubliuojamas ir mechaninis valdymas. Dubliuojant bet kokią valdymo sistemą, svarbu išnagrinėti galimas kovinių pažeidimų vietas (tai galioja kariniams lėktuvams). Atsižvelgiant į tai, išvedžiojamos valdymo sistemų trasos. Be to, stengiamasi, kad pažeidus vieną sistemą, kitos pažeidimo tikimybė būtų mažiausia, o ištekantis hidraulinis skystis ar elektros instaliacijos laidai nesukeltų kitų konstrukcijos elementų pažeidimų ar gaisro pavojaus.

Bet kokią nemechaninę valdymo sistemą schematiškai galima pavaizduoti žemiau pateikta blokine schema.

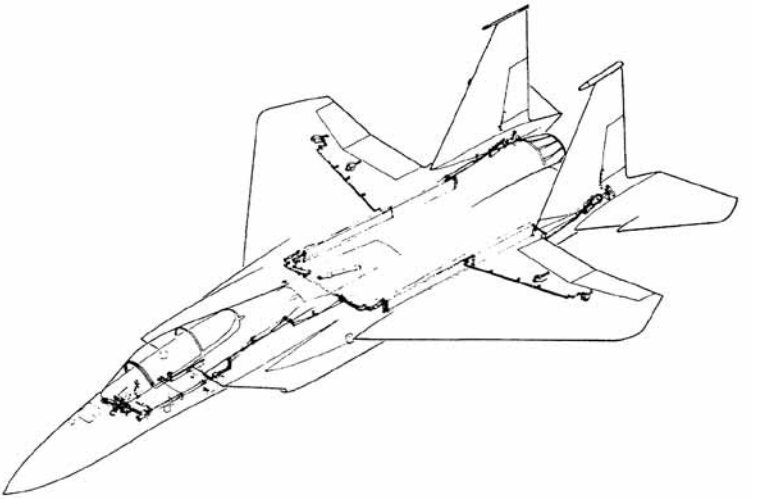



**2.1 pav.** Nemechaninės valdymo sistemos blokinė schema.

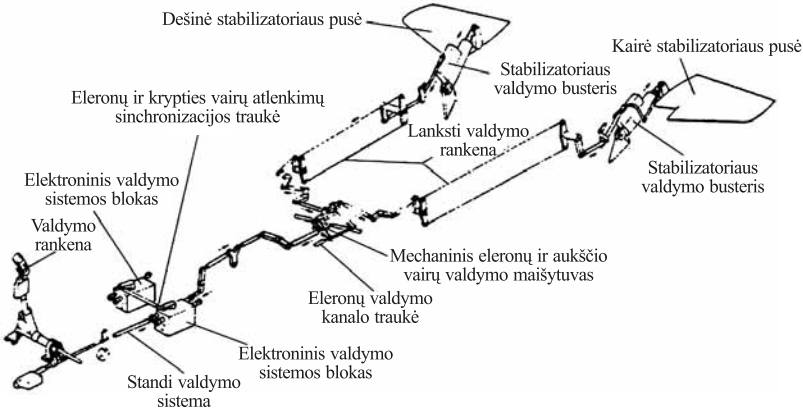
Be mechaninių, orlaiviams valdyti gali būti naudojamos šių tipų sistemos:

## 2.2. Hidraulinės valdymo sistemos

Jose valdymo rankenų komandos skysčiu perduodamos hidrauliniams mechanizmams, lankstantiems vairus. Būtina pažymėti, kad grynos hidraulinės valdymo sistemos aviacijoje naudojamos itin retai. Dažniausiai tai būna mišriosios hidromechaninės sistemos.



**2.2 pav.** JAV naikintuvo F-15 mišriosios hidromechaninės sistemos instaliacinė schema.




**2.3 pav.** Naikintuvo F-15 hidromechaninės aukščio vairo valdymo sistemos schema.

Šio tipo sistemos sudarytos iš šių svarbiausių elementų grupių:

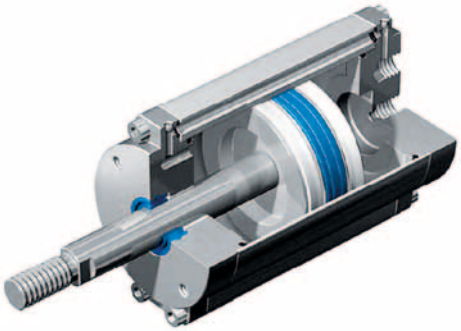
a) slėgio šaltinių: tai įvairių tipų hidrauliniai siurbliai ir hidroakumuliatoriai;

b) valdymo ir reguliavimo įrangos: tai skirstytuvai, reguliatoriai, įvairūs vožtuvai;

c) slėgio vartotojų: valdymo sistemose tai dažniausiai hidrocilindrai. Rečiau naudojami hidromotorai;

d) pagalbinės įrangos: bakų, filtrų, vamzdynų ir kitų įrenginių.

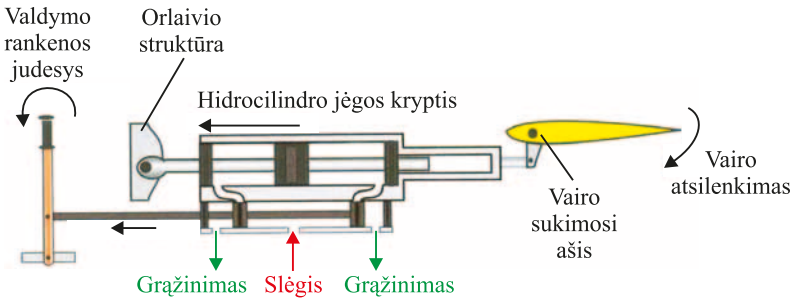
Vienas svarbiausių hidraulinės valdymo sistemos elementų – hidrocilindras. Jame hidraulinio skysčio slėgis paverčiamas mechaniniu slenkamuoju judesiu. Hidrocilindras sudarytas iš uždaro cilindro formos korpuso, kuriame slankioja stūmoklis. Stūmoklio kotas per hermetizuotą angą korpuse išlenda į išorę perduodamas stūmoklio judesį. Stūmoklis vidinį cilindro tūrį dalija į dvi dalis. Suslėgtas hidraulinis skystis pumpuojamas į vieną iš cilindro pusių. Iš kitos pusės leidžiant jam laisvai ištekėti, stūmoklis slinks į mažesnio slėgio pusę.



**2.4 pav.** Paprasčiausias dvipusis valdymo sistemos hidrocilindras.

Hidraulinė valdymo sistema savo sandara ir veikimu yra analogiška lėktuvo hidraulinei sistemai ir dažniausiai yra integruota į hidraulinę sistemą. Todėl jos veikimą aptarsime nagrinėdami hidraulines sistemas. Tačiau valdymui naudojami ir specifiniai įrenginiai – busteriai.

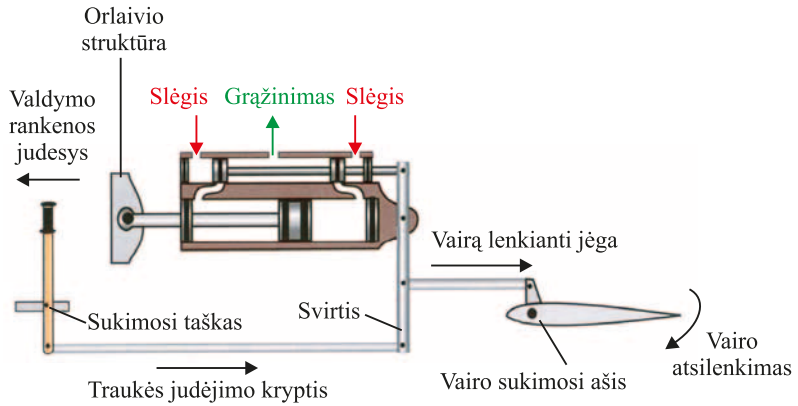
Pagal veikimo principą busteriai gali būti be atbulinio ryšio ir su juo. Busteris be atbulinio ryšio paprasčiau jungiamas į sistemą. Tačiau jis neleidžia pilotui per valdymo rankeną gauti informacijos apie vairą veikiančias jėgas ir jų kaitą.




**2.5 pav.** Hidraulinės valdymo sistemos, kurioje naudojamas busteris be atbulinio ryšio, schema.

Sistemos be atbulinio ryšio paprastesnės konstrukciniu požiūriu, nes vairo jėgos neperduodamos per visą valdymo kanalą. Tačiau jose būtina naudoti įrenginius, imituojančius vairų pasipriešinimą atlenkimui. Šio tipo sistemos naudojamos, kai viršgarsiniuose lėktuvuose pereinant į viršgarsinius skrydžio greičius staigiai keičiasi vairą veikiančios jėgos dydis, o kartais ir kryptis. Šiuo atveju busteris su atbuliniu ryšiu tokius jėgų pokyčius perduotų į valdymo rankenas. Lėktuvo valdymas taptų sudėtingas ar netgi neįmanomas. Naudojant busterius be atbulinio ryšio vairus veikiančios jėgos imituojamos įvairių tipų apkrovikliais.

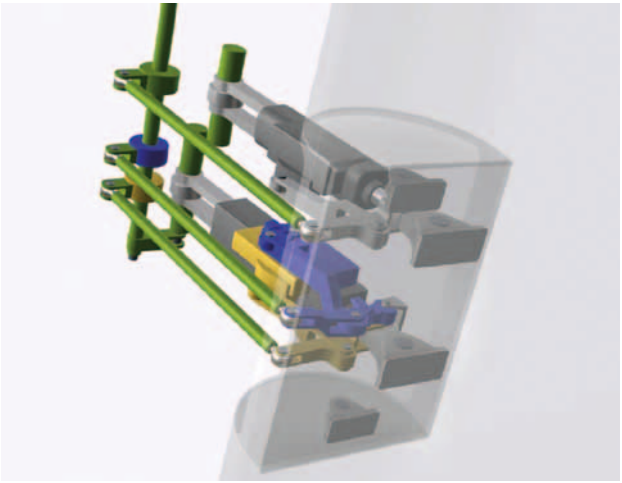
Kai hidraulinėje valdymo sistemoje naudojami busteriai su atbuliniu ryšiu, pilotas jaučia aerodinaminių ir inercinių jėgų poveikį vairui.




**2.6 pav.** Busterio su atbuliniu ryšiu schema.

Sistema, turinti busterį su atbuliniu ryšiu, leidžia jausti vairą veikiančius krūvius. Tokiose sistemose galima naudoti paprastesnius apkroviklius arba iš viso jų atsisakyti. Tačiau tokio tipo sistemų mechaninė dalis turi perduoti gana nemažas apkrovas nuo vairo iki valdymo rankenos. Sistemos su atbuliniu ryšiu sunkiai pritaikomos, kai vairus veikiantys aerodinaminiai ar kitokie krūviai ypač plačiai kinta. Tuomet, naudojant tokias sistemas, sunku pasiekti, kad valdymo rankenas veikiančios jėgos nebūtų per didelės ar per mažos.

**2.7 pav.** Busteris.



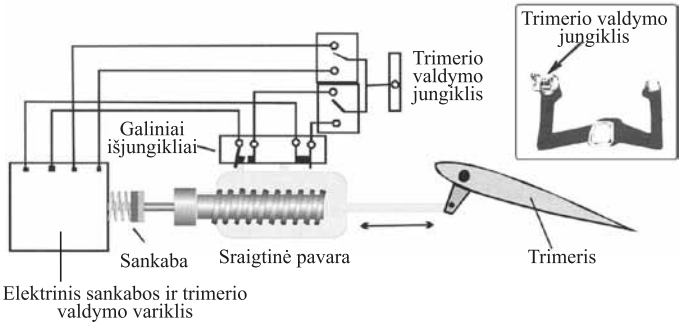
**2.8 pav.** B737 krypties vairo busterio instaliavimas. Kadangi šiame lėktuve krypties vairas valdomas dviem nepriklausomomis sistemomis, tai lygiagrečiai sumontuoti du busteriai.

## 2.3. Elektrinės valdymo sistemos

Valdymo rankenų judesys paverčiamas elektriniais signalais. Jie valdo elektrines vairų pavaras. Savo ruožtu elektrinės valdymo sistemos gali būti:

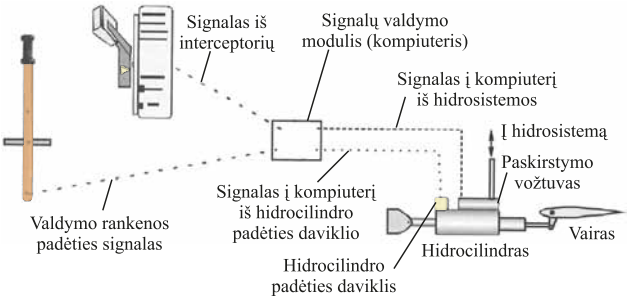
– elektromechaninės;

Šio tipo sistemos sudarytos iš elektrinės pavaros, valdomos jungikliais. Tipiška elektrinė valdymo sistema naudojama lengvųjų lėktuvų vairų trimeriams valdyti elektrine pavara.




**2.9 pav.** Principinė trimerio, valdomo elektrine pavara, valdymo sistemos schema.

– elektromechaninės ir skaitmeninės. Juose valdymo rankena suformuojamas valdymo signalas. Sistemą valdantis kompiuteris atsižvelgiant į valdymo rankenos padėtį ir skrydžio parametrus duoda komandas valdymo mechanizmui ir kontroliuoja, kaip jos vykdomos.




**2.10 pav.** Principinė elektrohidraulinės valdymo sistemos schema. Tai vienas iš galimų elektromechaninės ir skaitmeninės valdymo sistemos variantų.

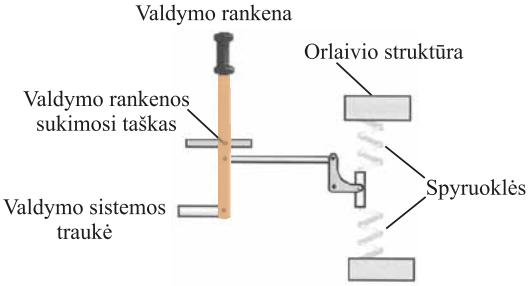
## 2.4. Mišriosios valdymo sistemos

Šiose sistemose yra visų išvardytų sistemų elementų. Dauguma šiuolaikinių lėktuvų valdymo sistemų yra mišriosios, nes, pavyzdžiui, hidraulinėse valdymo sistemose judesys nuo valdymo rankenos iki busterio perduodamas naudojant mechaninę sistemą.

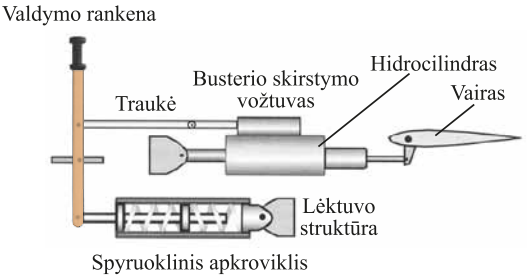
## 2.5. Valdymo sistemų elementai

### 2.5.1. Apkrovikliai

Tais atvejais, kai valdymo sistemose naudojami busteriai arba kiti jėgą išvystantys mechanizmai (elektriniai ar kitokie) be atbulinio ryšio, pasitelkiami apkrovikliai, imituojantys vairą veikiančias jėgas. Patys paprasčiausi – spyruokliniai apkrovikliai. Juose vairą veikiančios jėgos imituojamos deformuojant spyruokles.



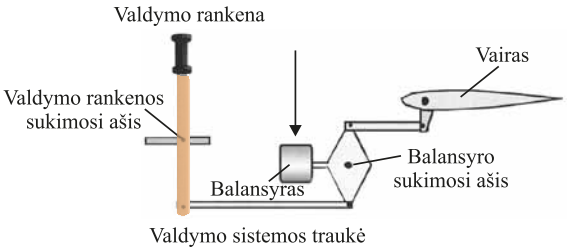

**2.11 pav.** Vienas iš galimų paprasčiausio spyruoklinio apkroviklio variantų.




**2.12 pav.** Spyruoklinis apkroviklis busterio be atbulinio ryšio sistemoje.

Spyruokliniai apkrovikliai paprasti ir patikimi. Tačiau jie gali imituoti tik vairą veikiančios jėgos pokytį, kintant jo atlenkimo kampui. Šis pokytis gali būti tik linijinis. Toks apkroviklis visiškai neimituoja aerodinaminių jėgų pokyčių, kintant skrydžio greičiui ir aukščiui.

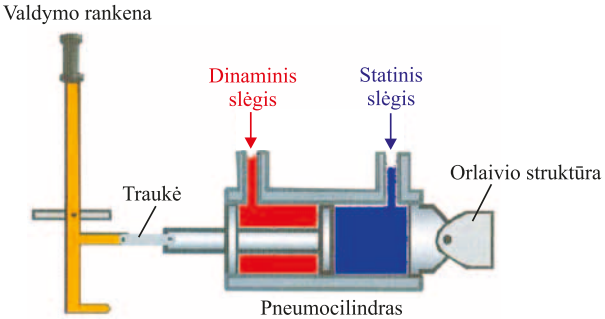
Siekiant imituoti jėgų sistemoje pokytį kintant perkrovai, naudojami apkrovikliai su balansyru. Jie gali būti derinami su kitų tipų apkrovikliais.




**2.13 pav.** Apkroviklio su balansyru schema.

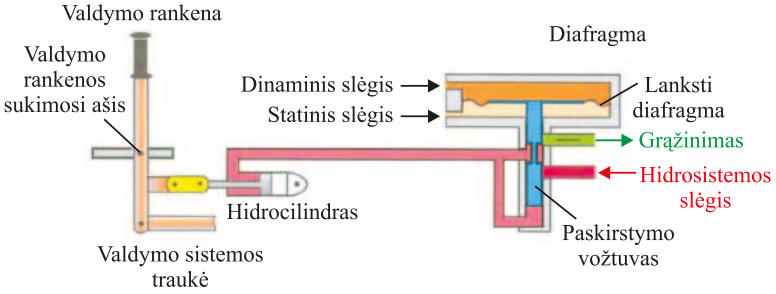
Balansyrinis apkroviklis leidžia imituoti perkrovos poveikį lėktuvo valdymo charakteristikoms. Tačiau skrendant horizontaliai jis sukuria tik į vieną pusę nukreiptą apkrovą. Be to, ši apkrova mažai priklauso nuo vairo atsilenkimo kampo.

Spyruoklinio ar balansyrinio apkroviklio poveikis valdymo rankenai visiškai nepriklauso nuo skrydžio greičio ir įvertina tik vairo atsilenkimo kampo dydį. Tuo tarpu realiai vairą veikianti aerodinaminė jėga proporcinga dar ir skrydžio greičiui bei aukščiui. Todėl valdymo sistemose dažnai naudojami tai įvertinti leidžiantys apkrovikliai.



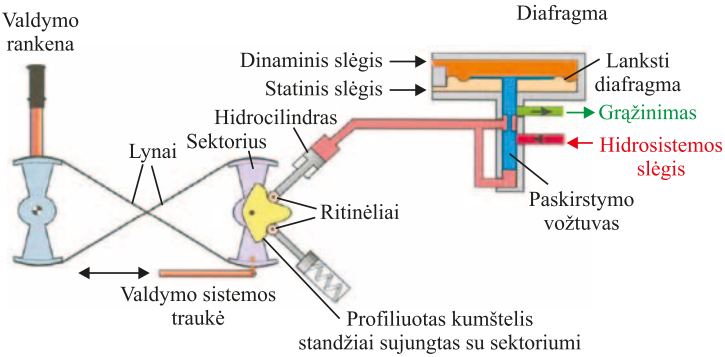

**2.14 pav.** Apkroviklio su pneumatiniu cilindru schema.

Aukščiau parodyta paprasčiausio apkroviklio su pneumatiniu cilindru schema. Statinio ir dinaminio slėgių skirtumas veikia apkroviklio pneumocilindrą. Pastarasis per traukę šį poveikį perduoda valdymo rankenai. Šio tipo apkroviklis paprastas, tačiau leidžia valdymo rankenai perduoti tik orlaivio skrydžio aukščio ir greičio poveikį. Be to, šis poveikis išlieka ir skrendant horizontaliai, net vairui esant neutralios padėties, kai simetriniam profiliui aerodinaminės jėgos nesukelia jokio momento. Siekiant kompensuoti šį trūkumą, valdymo sistemose naudojami sudėtingesni apkrovikliai.




**2.15 pav.** Hidraulinio apkroviklio, kai valdymo rankenos apkrova priklauso ne tik nuo skrydžio aukščio ir greičio, bet galima ją koreguoti hidrauliniu būdu, schema.

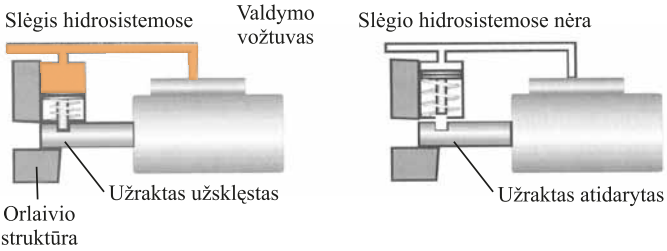
2.16 pav. parodytas apkroviklis nesugrąžina paleistos valdymo rankenos į neutralią padėtį. Siekiant išvengti šio trūkumo, naudojami apkrovikliai su profiliuotu ritinėliu.



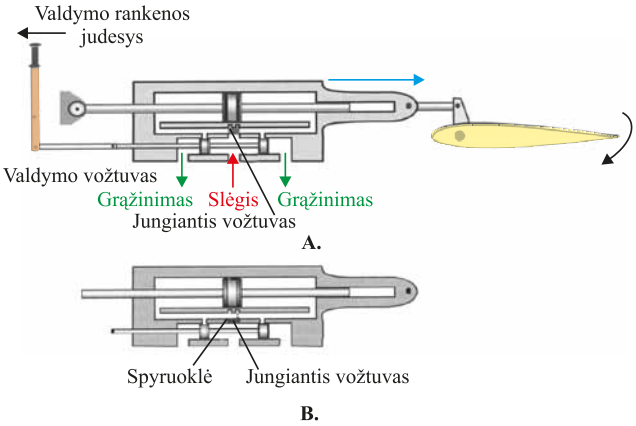

**2.16 pav.** Hidraulinis ir pneumatinis apkroviklis, kai apkrova valdymo rankenai perduodama per profiliuotą ritinėlį.

### 2.5.2. Priemonės, saugančios valdymo sistemą, kad neužsiblokuotų dingus slėgiui

Jei dėl vienokių ar kitokių priežasčių hidraulinės valdymo sistemos busteris be atgalinio ryšio užsiblokuotų, vairo pajudinti būtų neįmanoma. Siekiant išvengti neigiamų busterio užblokavimo padarinių, naudojami įvairūs užraktai. Daugumos jų principas paremtas tuo, jog hidraulinėje sistemoje dingus slėgiui atlaisvinamas busterio mechaninis ryšys su kitais orlaivio konstrukcijos elementais arba leidžiama skysčiui tekėti iš vienos hidrocilindro pusės į kitą (atrakinama hidraulinė spyna), kad busteris nesudarytų papildomo pasipriešinimo lankstant vairus ar atliekant kitas manipuliacijas.




**2.17 pav.** Užraktas, atlaisvinantis hidrocilindro kotą dingus slėgiui sistemoje (A – užrakto padėtis, kai hidraulinėje sistemoje yra slėgis, B – užrakto padėtis dingus slėgiui sistemoje).




**2.18 pav.** Užraktas, padedantis išvengti busterio „hidraulinės spynos“ efekto sugedus hidrosistemai (A – esant slėgiui sistemoje, B – dingus slėgiui).

# 3. HIDRAULINĖS SISTEMOS

Dauguma šiuolaikinių lėktuvų turi sistemas, kurioms veikti reikalinga papildoma energija. Tai valdymo sistema, važiuoklės įtraukimo ir išleidimo sistema, stabdžiai ir t. t. Šių sistemų pavaros varomos hidrauline, pneumatine, elektros energija. Visos šios sistemos priskiriamos prie energetinių orlaivio sistemų grupės.

Sistemos, turinčios hidraulines pavaras, plačiai naudojamos lėktuvuose. Hidraulinė pavara leidžia greitai perduoti didelę galią toli nuo slėgio šaltinių, turi santykinai mažą masę, aukštą naudingojo veikimo koeficientą. Hidropavara gerai fiksuojama tarpinėse padėtyse, apsaugo nuo perkrovų, slopina virpesius. Be to, hidroskystis gerai tepa besitrinančius paviršius.

Tačiau hidraulinės pavaros turi ir esminių trūkumų:

1. Jos linkusios į kavitaciją;
2. Didelė kavitacijos kilimo galimybė;
3. Sistema jautri temperatūros pokyčiams;
4. Sistema turi būti hermetiška, o tai sudėtinga aukštų slėgių sąlygomis;
5. Sistemos labai jautrios dėl hidroskysčio užterštumo;
6. Sistemos gana pavojingos gaisro požiūriu;
7. Šiuolaikinėse hidrosistemose palaikomi labai aukšti hidraulinio skysčio slėgiai. Prakiurus sistemai, aukštu slėgiu suslėgtas skystis gali pažeisti kitus lėktuvo konstrukcijos elementus.

Kavitacija yra susijusi su skysčių gebėjimu absorbuoti dujas, jas vėliau išskirti ir garuoti. Slėgiui kylant, skysčio polinkis tirpdyti dujas irgi didėja. Slėgiui nukritus, ištirpusios dujos išsiskiria iš skysčio. Kartu su jomis skiriasi ir skysčio garai. Kai garai ir dujos skiriasi iš skysčio, jis tarytum užverda, susidaro burbuliukai. Taigi kavitacija – tai skysčio virimas, esant šaltai būsenai, kai jo slėgis žemesnis nei prisotintų garų slėgis toje temperatūroje. Kavitacija dažniausiai kyla vamzdžiuose, kuriais skystis atiteka į siurblius (nes dėl siurblių siurbimo skysčio slėgis sumažėja). Be to, ji atsiranda, kai skystis prate-

ka per droselius ar kitus susiaurėjimus, toliau staigiai išsiplėsdama. Kavitacijos pavojus išauga didėjant skrydžio aukščiui.

Kavitacija labai neigiamai veikia hidraulinių sistemų darbingumą. Skystis, turintis burbuliukų, tampa spūdus. Dėl to sistemoje kyla slėgio svyravimų, jos darbas tampa netolygus, sumažėja siurblių našumas. Maža to, kavitacija sukelia siurblių ir kitų sistemos elementų eroziją, o tai savo ruožtu didina skysčio taršą erozijos produktais. Slėgio svyravimai neigiamai veikia sistemos elementus, jie gali tiesiog mechaniškai suirti. Veiksmingiausias kavitacijos įveikimo būdas – padidinti slėgį įsiurbimo linijoje (tam bakuose palaikomas padidintas slėgis arba montuojami siurbiantys siurbliai).

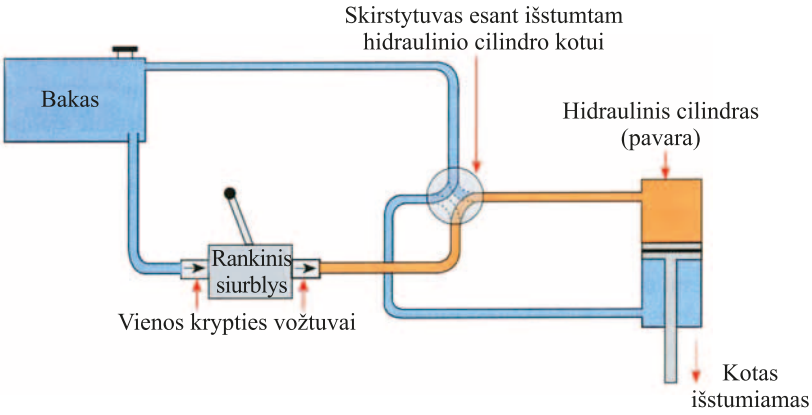
Hidraulinis smūgis kyla, staigiai stabdant skystį. Dėl to skysčio kinetinė energija virsta slėgiu.Slėgio prieaugis priklauso nuo srauto greičio ir jį stabdančio įrenginio suveikimo laiko. Trumpalaikis slėgio pokytis gali būti toks didelis, kad slėgio pikas gali kelis kartus viršyti sistemai leidžiamą reikšmę.

Orlaivių hidraulinėse sistemose naudojami specialūs hidroskysčiai. Jie gali būti mineraliniai (pagaminti iš naftos) arba sintetiniai. Mineraliniai hidrauliniai skysčiai pigesni ir mažiau agresyvūs, bet jų eksploatacinės savybės prastesnės nei sintetinių. Pastarieji plačiai naudojami šiuolaikinėse hidraulinėse sistemose.

Visus hidraulinės sistemos elementus pagal jų funkcijas galima suskirstyti į: hidraulinio slėgio šaltinius, slėgio vartotojus (hidraulines pavaras), valdymo įrangą, reguliavimo įrangą ir pagalbinę įrangą (bakus, vamzdžius, filtrus ir t. t.).

Išnagrinėsime paprasčiausią hidraulinę sistemą kurios schema parodyta 1 pav.

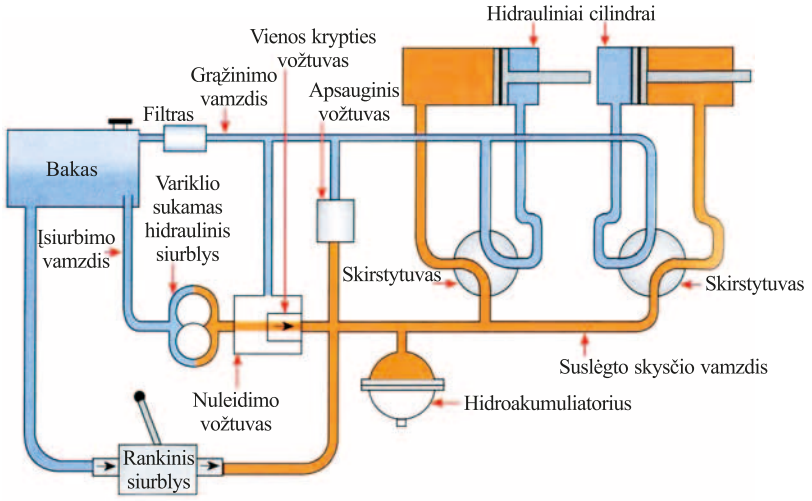
Šioje sistemoje slėgio šaltinis yra rankinis siurblys, kuriame suslegiamas hidraulinis skystis. Skystis traukiamas iš bako. Suslėgtas skystis patenka į skirstytuvą, nukreipiantį jį į vieną ar kitą hidraulinio cilindro pusę pagal tai į kurią pusę turi judėti hidrocilindro stūmoklis.




**3.1 pav.** Paprasčiausios hidraulinės sistemos su rankiniu siurbliu schema.

Kad stūmoklis galėtų judėti, iš priešingos hidrocilindro ertmės per skirstytuvą hidraulinis skystis grąžinamas į baką. Perjungiant skirstytuvą hidraulinio cilindro kotas priverčiamas judėti į vieną ar kitą pusę.

Realiai lėktuvuose naudojamos hidraulinės sistemos yra sudėtingesnės, jos turi keletą slėgio šaltinių, vartotojų, daugiau įrangos. Labai supaprastinta orlaivio hidraulinės sistemos schema parodyta 2 pav.



**3.2 pav.** Sudėtingesnės orlaivio hidraulinės sistemos schema.

Šioje sistemoje naudojami trys slėgio šaltiniai: variklio sukamas hidraulinis siurblys, rankinis siurblys ir hidroakumuliatorius. Du pastarieji slėgio šaltiniai naudojami kaip avariniai. Pagrindinis sistemos siurblys visą laiką veikdamas pumpuoja hidraulinį skystį į sistemą. Nuleidimo vožtuvas dalį skysčio grąžina į grąžinimo liniją, kai jo poreikis yra mažesnis nei siurblio pajėgumas. Be to, sistemoje montuojami apsauginiai vožtuvai. Jie saugo sistemą nuo per aukšto slėgio sugedus nuleidimo vožtuvui. Hidroakumuliatorius yra ne tik avarinis slėgio šaltinis (leidžia kurį laiką palaikyti slėgį sistemoje netgi sugedus visiems siurbliams), jis atlieka ir kitas apsaugines funkcijas saugodamas nuo slėgio pulsacijų, gali būti trumpalaikių hidraulinio skysčio poreikių pikų patenkinimo priemonė. Skirstytuvai valdo skysčio srautus. Iš hidraulinių pavarų (hidrocilindrų) filtruotas skystis grąžinamas į baką.

Kad ir kokia sudėtinga būtų orlaivio hidraulinė sistema, vis dėlto visus jos elementus pagal atliekamas funkcijas galima suskirstyti į: hidraulinio slėgio šaltinius, slėgio vartotojus (hidraulines pavaras), valdymo ir reguliavimo įrangą, pagalbinę įrangą (vamzdynus, filtrus, hidraulinio skysčio talpyklas ir t. t.).

## 3.1. Hidraulinių sistemų slėgio šaltiniai

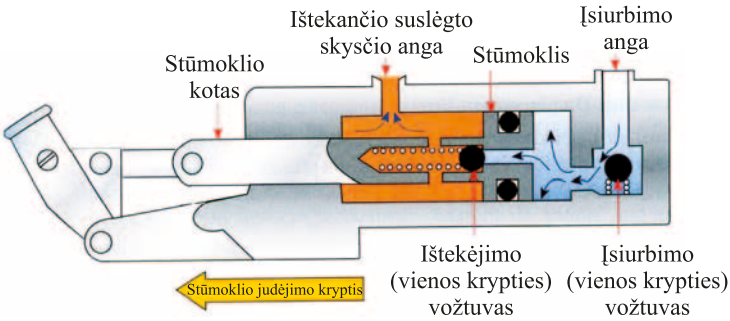
Tai įvairių tipų siurbliai ir hidroakumuliatoriai.

### 3.1.1. Hidrauliniai siurbliai

Pagal pavaros tipą hidrauliniai siurbliai būna: rankiniai, energiją gaunantys iš variklio pavarų sistemos ir su elektrine pavara.

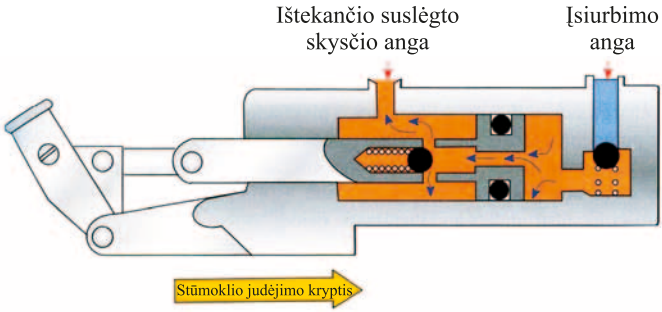
Išnagrinėsime paprasčiausio rankinio stūmoklinio hidraulinio siurblio veikimą.

3 ir 4 pav. parodytas rankinis stūmoklinis hidraulinis siurblys esant atitinkamai įsiurbimo ir suslėgto hidraulinio skysčio išstūmimo į sistemą pozicijai.




**3.3 pav.** Rankinio stūmoklinio hidraulinio siurblio, įsiurbiančio skystį ir kartu išstumiančio porciją suslėgto skysčio į sistemą, schema.

Rankinis hidraulinis siurblys – tai paprasčiausias stūmoklinis siurblys, turintis rankinę pavarą per svirtį stumdomą stūmoklį. Stūmoklis slankioja cilindre, įsiurbdamas skystį (judėdamas į kairę) ir kartu išstumdamas jį į sistemą. Parodyto rankinio siurblio ypatybė ta, jog per vieną stūmoklio eigą cilindre jis išstumia į sistemą porciją suslėgto skysčio, kartu įsiurbdamas naują porciją per įsiurbimo angą. Per kitą eigą šiame siurblyje skystis perteka iš vienos stūmoklio pusės į kitą.

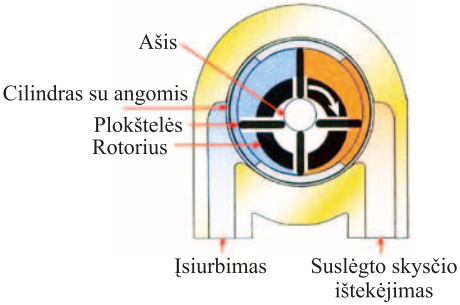



**3.4 pav.** Rankinio stūmoklinio hidraulinio siurblio, skysčiui pertekant iš dešinės stūmoklio pusės į kairę, schema.

Taip šiek tiek sumažinamos siurblio keliamos slėgio pulsacijos. Rankinis siurblys dažniausiai naudojamas kaip avarinis slėgio šaltinis nedideliuose lėktuvuose.

Rotorinio plokštelinio siurblio korpuso centre prie besisukančios ašies ekscentriškai pritvirtintas rotorius su keturiomis plokštelės for-

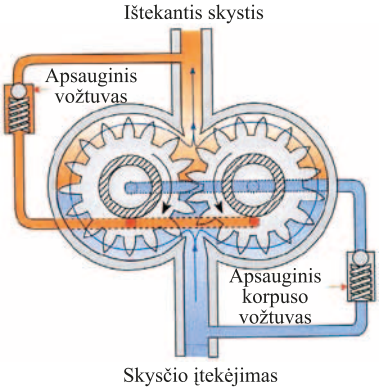
mos mentelėmis. Mentelės spyruoklėmis spaudžiamos prie korpuso. Rotoriui sukantis dėl jo ekscentrisiteto kinta korpusu, mentelėmis ir rotoriumi apribotas tūris. Dėl to skystis per įsiurbimo angą įsiurbiamas, o vėliau, tūriui mažėjant, suslegiamas ir išstumiamas į sistemą.




**3.5 pav.** Rotorinio plokštelinio hidraulinio siurblio schema.

Tokio tipo siurblys pasižymi nedidelėmis suslėgto skysčio slėgio pulsacijomis. Be to, į įsiurbimo angą pumpuojant suslėgtą skystį ir leidžiant skysčiui laisvai ištekėti per suslėgto skysčio angą, gauname hidraulinę pavarą, paverčiančią suslėgto skysčio energiją sukamuoju judesiu. Tokio siurblio našumas tiesiog proporcingas rotoriaus sūkių skaičiui.

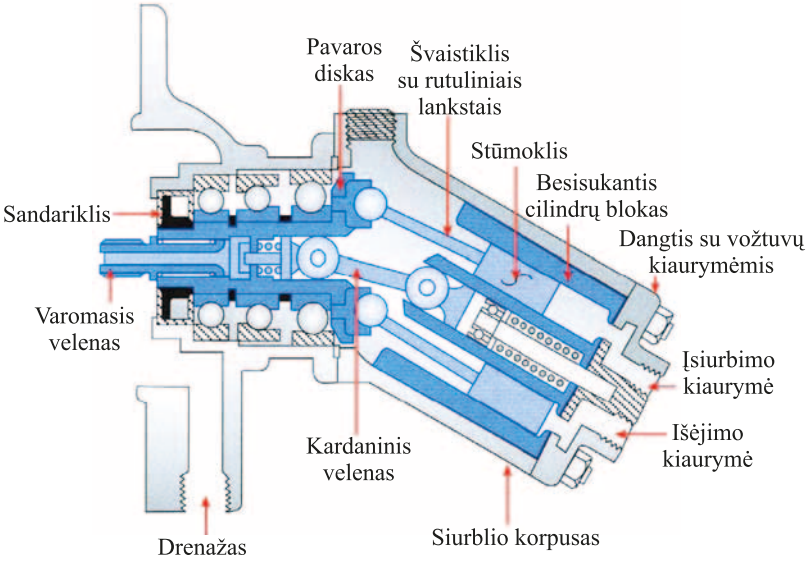
Krumpliaratinis hidraulinis siurblys sudarytas iš korpuso ir dviejų besisukančių, tarpusavyje sukabintų krumpliaračių. Vienas krumpliaratis sukamas pavaros (jis vadinamas vedančiuoju krumpliaračiu), o kitas sukasi dėl sukibimo su vedančiuoju.




**3.6 pav.** Krumpliaratinio hidraulinio siurblio schema.

Per įsiurbimo angą patenkantį skystį krumpliai perneša į išėjimo angos zoną. Sukibdami krumpliai išspaudžia skystį ir priverčia jį tekėti per išėjimo angą. Krumpliaratinio siurblio našumas priklauso nuo jo sukimosi dažnio. Tai vienas šio tipo siurblio trūkumų. Be to, siurblio sukimosi dažnį riboja skysčio išcentrinės jėgos, trukdančios visiškai užpildyti tarp krumplių esančias ertmes. Todėl krumpliaratinio siurblio vedančiojo krumpliaračio sūkiai ribojami (didžiausi sūkiai apie 4000 aps./min.).

Krumpliaratinis siurblys našus, leidžia gauti didelius slėgius ir pasižymi nedidelėmis slėgio pulsacijomis.




**3.7 pav.** Aksialinio stūmoklinio hidraulinio siurblio su pasvirusiu cilindrų bloku schema.

Aksialinis hidraulinis siurblys su pasvirusiu cilindrų bloku priskiriamas prie nereguliuojamo debito siurblių. Jo našumas irgi priklauso tik nuo pavaros sūkių skaičiaus. Siurbliui veikti reikalingas sukamasis judesys. Siurblio pavaros velenas sudaro smailų kampą su cilindrų bloku. Cilindrų blokas sukamas kardaniniu velenu. Cilindrų blokui sukantis kartu su pavaros disku, stūmokliai jame atlieka slenkamąjį

judesį. Stūmoklių eiga proporcinga kampui tarp pavaros veleno ir cilindrų bloko ašių. Šis kampas parenkamas apie 20°. Padidinus kampą, padidėja ne tik siurblio našumas, bet ir radialinės stūmoklių apkrovos.

Pasvirusio cilindrų bloko korpuso gale tvirtinamas dangtis su įėjimo ir išėjimo angomis. Prie cilindrų bloko prigludusi dangčio pusė turi lanko formos angas, per kurias įsiurbiamas ir išpumpuojamas hidraulinis skystis.

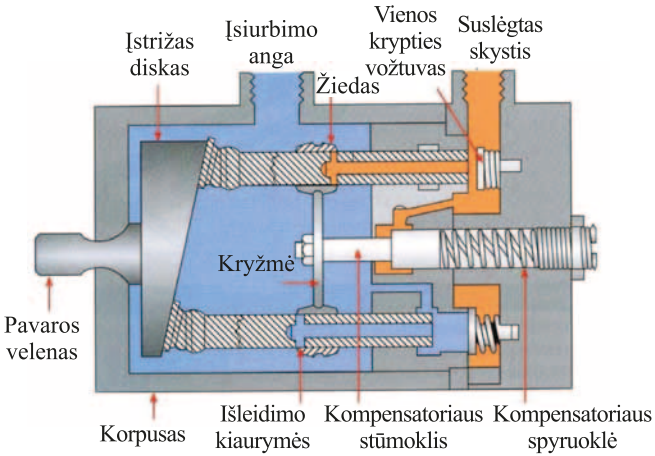
Siurblys gana sudėtingas, tačiau turėdamas nedidelius gabaritus ir masę, jis leidžia perpumpuoti didelius kiekius skysčio. Turėdami daug stūmoklių šio tipo siurbliai sukelia mažas pulsacijas hidrosistemoje. Be to, tokį siurblį irgi galima naudoti kaip hidraulinę pavarą, sukuriančią sukamąjį judesį.

Hidraulinėse sistemose patogiau naudoti siurblius, kurių našumas reguliuojamas ne tik keičiant sūkių skaičių. Tokio tipo siurbliai leidžia gauti nekintantį skysčio srautą kintant pavaros sūkiams arba leidžia keisti našumą pagal tai, koks sistemoje yra slėgis.

3.8 pav. parodyta aksialinio stūmoklinio hidraulinio siurblio su įstrižu disku ir reguliuojamu slėgiu, esant tokiai dalių padėčiai, kai slėgis sistemoje žemas, schema. Savo veikimu šis siurblys panašus į siurblį su pasvirusiu cilindrų bloku. Skirtumas tas, kad šiame siurblyje sukasi tik įstrižai nupjautas diskas. Į šį diską remiasi stūmokliukai, kurie, diskui sukantis, atlieka slenkamąjį judesį. Kiekvieno cilindro, kuriame slankioja stūmoklis, gale yra vienos krypties vožtuvas, praleidžiantis suspaustą skystį į aukšto slėgio kanalą. Siurblys gali turėti iki devynių stūmoklių. Siurblio našumą šiek tiek galima keisti naudojant kompensatorių. Kompensatorius veikiamas spyruoklės įveržimo ir išėjimo slėgių skirtumo. Kompensatoriaus stūmoklio koto gale pritvirtinta kryžmė su žiedais. Žiedų skaičius atitinka stūmoklių skaičių. Paslinkus įvorę išilgai stūmoklio galima keisti momentą, kai ji uždaro išleidimo kiaurymes. Kartu keičiamas per vieną eigą stūmoklio perpumpuojamas skysčio kiekis.

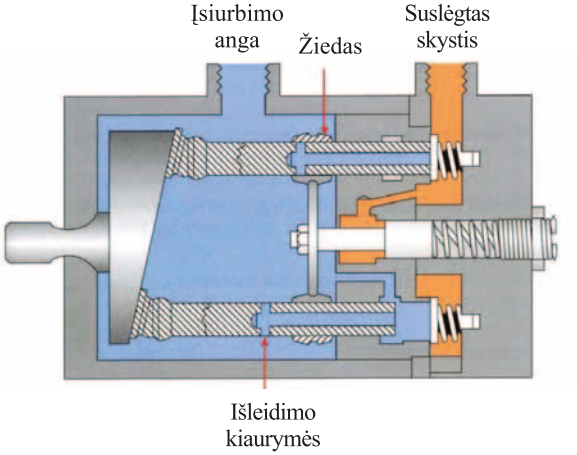
Slėgiui siurblio išėjime (sistemoje) nukritus kompensatoriaus spyruoklė labiau paslenka kompensatorių į kairę. Todėl ant stūmoklių esantys žiedai anksčiau uždaro stūmoklių išleidimo kiaurymes. Dėl

to kiekvienas stūmoklis per vieną eigą perpumpuoja daugiau skysčio, taip padidindamas slėgį sistemoje.




**3.8 pav.** Aksialinio stūmoklinio hidraulinio siurblio su įstrižu disku ir reguliuojamu slėgiu, kai slėgis sistemoje žemas, schema.

Kai slėgis sistemoje pakyla, kompensatoriaus stūmoklis, nugalint spyruoklės įveržimo jėgą, nustumiamas į dešinę. Kompensatoriaus žiedai, esantys ant stūmoklių, irgi pasislenka į dešinę.




**3.9 pav.** Aksialinio stūmoklinio hidraulinio siurblio su įstrižu disku ir reguliuojamu slėgiu, kai slėgis sistemoje aukštas, schema.

Išleidimo kiaurymės stūmokliui slenkant į dešinę uždaromos vėliau. Todėl sumažėja per stūmoklio eigą į suslėgimo zoną išstumiamo skysčio kiekis, o kartu ir siurblio našumas.

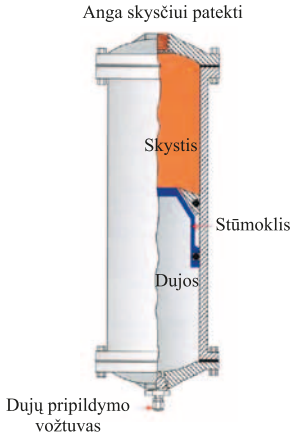
### 3.1.2. Hidroakumuliatoriai

Jie taip pat priskiriami prie slėgio šaltinių grupės. Hidraulinėje sistemoje hidroakumuliatoriai naudojami kaip avariniai slėgio šaltiniai. Be to, jie kartu gali būti trumpalaikiai hidraulinio slėgio šaltiniai, kai reikia neilgam padidinti sistemos galią. Hidroakumuliatoriai taip pat sumažina slėgio pulsacijas sistemose, slopina hidrosmūgius, sulėtina slėgio kitimą dėl vidinių sistemos nuotėkių.

Aviacijoje naudojami pneumohidrauliniai hidroakumuliatoriai, kuriuose darbinis skystis atskirtas nuo kontakto su dujomis. Pagal tai, kas skiria dujas nuo skysčio, aviaciniai hidroakumuliatoriai skirstomi į stūmoklinius ir membraninius.

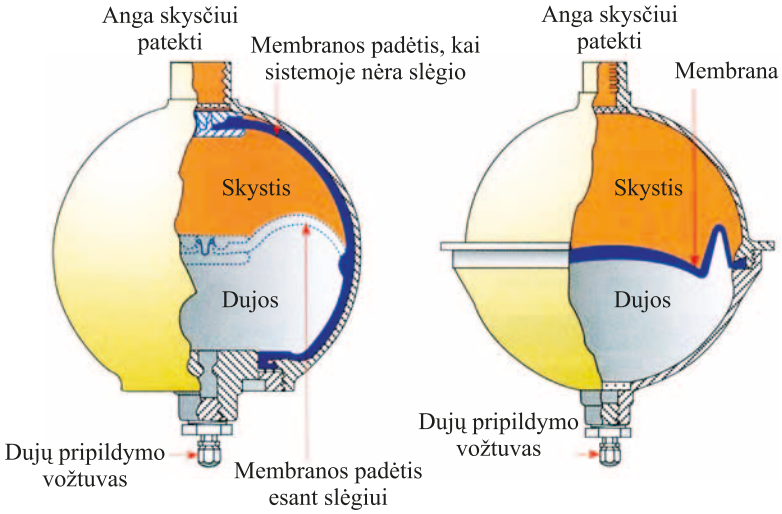
Stūmoklinis hidroakumuliatorius – tai cilindras, laisvai slankiojančiu sandariu stūmokliu dalijamas į dvi dalis. Po stūmokliu esanti kamera pripučiama suslėgtų dujų ir uždaroma kamščiu. Virš stūmoklio esanti kamera sujungiama su suslėgto hidroskysčio linija.

Stūmoklinio hidroakumuliatoriaus tūris gali būti gana didelis. Jo trūkumai: stūmoklio trintis su cilindro sienelėmis ir inertiškumas slopinant aukšto dažnio pulsacijas (dėl stūmoklio inercijos).




**3.10 pav.** Stūmoklinis hidroakumuliatorius.

Membraninis hidroakumuliatorius yra rutulio formos. Dujas nuo skysčio jame atskiria elastinga membrana. Membraniniai hidroakumuliatoriai lengvesni nei stūmokliniai, mažiau inertiški (geriau slopina pulsacijas sistemoje), membraną lengviau padaryti hermetišką. Tačiau membrana jautri žemoms temperatūroms, bėgant laikui ji sensta, todėl joje gali atsirasti įtrūkimų.



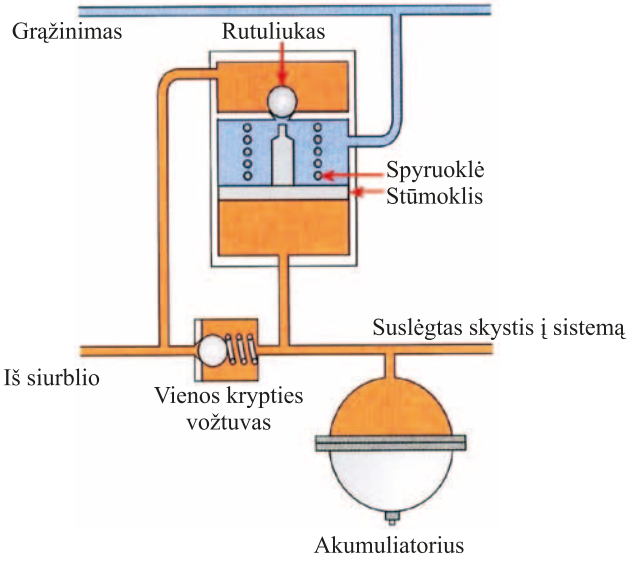

**3.11 pav.** Membraninio hidroakumuliatoriaus su rutuline (A) ir centrine (B) membranomis sandara.

Hidroakumuliatoriai pripildomi suslėgto azoto. Paprastai hidroakumuliatorius pildomas 6÷8 MPa pradiniu dujų slėgiu (kai akumuliatoriuje dar nėra skysčio. Kai hidrosistemoje slėgis viršija didesnę nei akumuliatoriaus pildymo slėgio reikšmė, skystis ima pripildyti akumuliatorių ir slėgti dujas. Nuo to momento dujų slėgis hidroakumuliatoriuje bus lygus darbiniam hidrosistemos slėgiui. Slėgiui sistemoje krintant, dujos išstums skystį iš akumuliatoriaus, taip atlikdamos naudingą darbą.

Tam, kad hidroakumuliatoriuje slėgis per daug nepakiltų, o jei sugestų siurblys, jis būtų atjungiamas nuo sumažėjusio slėgio kanalo, naudojamas slėgio reguliatorius ir kartu su vienos krypties vožtuvu.

Per vienos krypties vožtuvą suslėgtas hidraulinis skystis, siurbliu pumpuojamas į sistemą, pripildo hidroakumuliatorių. Pasiekus tam

tikrą iš anksto numatytą slėgį, suslėgto skysčio slėgis nugali reguliatoriaus stūmoklį žemyn spaudžiančios spyruoklės įveržimo jėgą ir stūmoklis pakyla į viršų. Stūmoklio viršuje esantis strypelis atkelia pertvaros angą blokuojantį rutuliuką, ir hidraulinis skystis per šią angą pradeda tekėti tiesiai į grąžinimo liniją. Skysčio slėgis iki vienos krypties vožtuvo krenta, todėl pastarasis uždaro kelią jam tekėti iš hidroakumiliatoriaus į grąžinimo liniją. Slėgiui hidroakumuliatoriuje nukritus iki minimalios ribinės reikšmės, spyruoklė atstumia stūmoklį žemyn. Rutuliukas uždaro kelią skysčiui tekėti į grąžinimo liniją. Hidraulinis skystis iš siurblio per vienos krypties vožtuvą vėl teka į sistemą, kartu pripildydamas hidroakumuliatorių.




**3.12 pav.** Hidroakumuliatoriaus jungimas į sistemą.

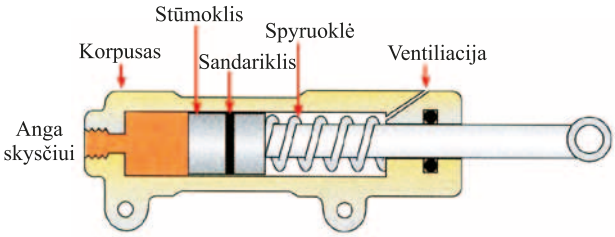
Toks reguliatorius palaiko slėgį hidroakumuliatoriuje neviršijant numatytų ribų ir neleidžia jam ištekėti iš sistemos, kai ji pažeidžiama tarpe tarp siurblio ir hidroakumuliatoriaus vienos krypties vožtuvo.

## 3.2. Hidraulinės pavaros

Tai hidraulinės sistemos įrenginiai, suslėgto hidraulinio skysčio energiją paverčiantys mechaniniu darbu (sukamuoju arba slenkamuoju judesiu). Hidraulinėse sistemose kaip pavaros naudojami hidrocilindrai ir varikliai.

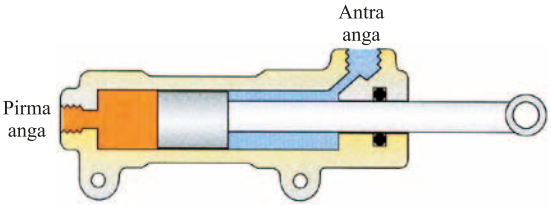
Hidrocilindrai sudaryti iš cilindro ir stūmoklio su kotu. Cilindre yra kiaurymės hidrauliniam skysčiui įtekėti ir ištekėti. Kad hidrocilindro detalės būtų atsparesnės korozijai, tie jo paviršiai, kurių neįmanoma apsaugoti kitais būdais, chromuojami ir poliruojami. Toks padengimas, be kitų privalumų, dar sumažina trintį ir dilimą. Hidrocilindro išvystoma jėga yra lygi stūmoklio ploto ir skysčio slėgio į jį sandaugai.

Hidrocilindras gali būti vienpusio arba dvipusio veikimo. Vienpusio veikimo hidrocilindro stūmoklio kotas į vieną pusę juda veikiamas hidraulinio skysčio slėgio, o atgal grįžta veikiamas spyruoklės, suslėgtų dujų arba išorinių jėgų.



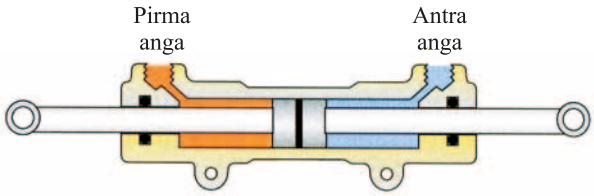

**3.13 pav.** Vienpusio veikimo hidrocilindro schema.

Tokio tipo hidrocilindrai paprasti ir lengvai valdomi, tačiau netiksliai fiksuojami esant tarpinėms padėtims, judėdami į priešingas puses išvysto skirtingą jėgą. Šių trūkumų neturi dvipusio veikimo hidrocilindras.



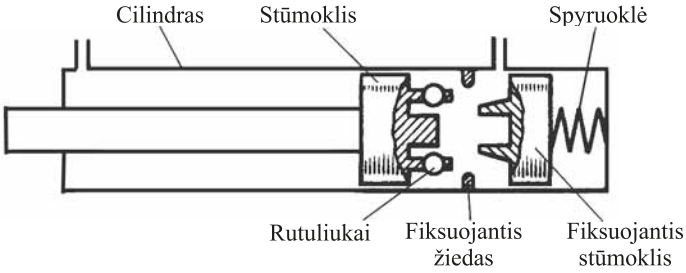

**3.14 pav.** Dvipusio veikimo hidrocilindro schema.

Dvipusio veikimo hidrocilindro stūmoklis į abi puses juda veikiamas skysčio slėgio. Skystis pumpuojamas per vieną iš angų, o iš kitos angos jam leidžiama laisvai ištekėti į grąžinimo liniją. Tokį hidrocilindrą galima tiksliai užfiksuoti, esant bet kuriai tarpinei padėčiai, tiesiog uždarius abi skysčio angas. Tačiau 14 pav. parodyto hidrocilindro išvystoma jėga judant į dešinę bus didesnė nei judant į kairę, nes iš dešinės pusės skystis stūmoklį veikia mažesniu plotu (dalį ploto užima kotas). Kad hidrocilindro jėga į abi puses būtų vienoda, jis daromas su kotais iš abiejų stūmoklio pusių.




**3.15 pav.** Dvipusio veikimo hidrocilindo su dviem kotais schema.

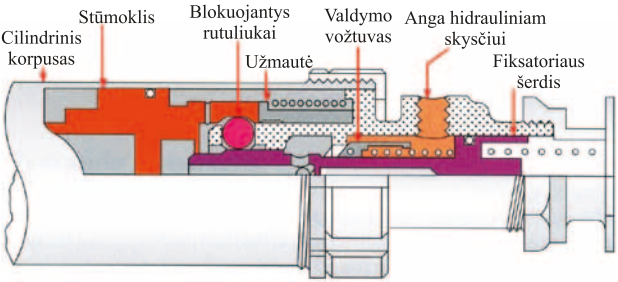
Jei būtina fiksuoti hidrocilindrą įtrauktoje ar išleistoje padėtyje, tai galima padaryti uždarius skysčiui įtekėjimo ir ištekėjimo kelius. Tačiau ypač atsakingose sistemose taikoma papildoma mechaninė fiksacija rutuline spyna. Principinė tokio fiksatoriaus schema parodyta 3.16 pav. Stūmokliui pasiekus kraštinę dešiniąją padėtį, jame esantys rutuliukai fiksuojančiojo stūmoklio išsikišusiu žiedu atstumiami į išorę radialine kryptimi ir kliūdami už fiksuojančio žiedo mechaniškai blokuoja stūmoklio judėjimą į kairę pusę.




**3.16 pav.** Hidrocilindro mechaninės fiksacijos įtrauktoje padėtyje rutuline spyna principinė schema.

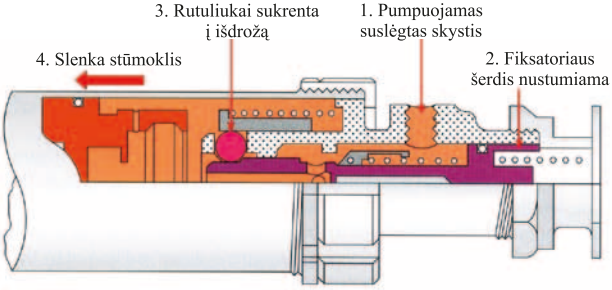
Stūmoklį išblokuoti galima tik per angą pradėjus pumpuoti suslėgtą hidraulinį skystį. Skysčio slėgis nugalės fiksuojančio stūmoklio spyruoklės suspaudimo jėgą ir nustums jį į dešinę. Rutuliukai atsilaisvins ir nebeklius už fiksuojančiojo žiedo. Todėl veikiamas hidraulinio skysčio slėgio stūmoklis galės judėti į kairę.

Realiose konstrukcijose stūmoklis fiksuojamas truputį sudėtingesnės konstrukcijos spynomis. Tačiau iš esmės jų veikimo principas analogiškas pavaizduotam 16 pav. Vienas iš fiksavimo variantų parodytas 17 ir 18 pav.




**3.17 pav.** Hidraulinio cilindro stūmoklio fiksavimas įtrauktoje padėtyje.

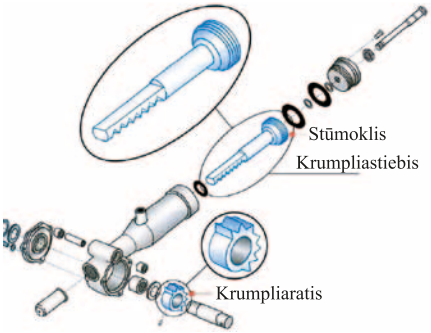
Kai stūmoklis užfiksuotas įtrauktoje padėtyje, blokuojantys rutuliukai visu perimetru įsprausti į stūmoklyje esantį griovelį. Iškristi iš griovelio jiems trukdo spyruoklės įstumta fiksuojanti šerdis. Kol į cilindrą nebus pradėtas pumpuoti suslėgtas hidraulinis skystis, stūmoklis negali pajudėti. Per angą pradėjus tiekti suslėgtą hidraulinį skystį, veikiama slėgio fiksuojanti šerdis nugali spyruoklės įveržimą ir pasislenka į dešinę (18 pav.).




**3.18 pav.** Hidrocilindro mechaninės fiksacijos spynos padėtis pradėjus pumpuoti hidraulinį skystį.

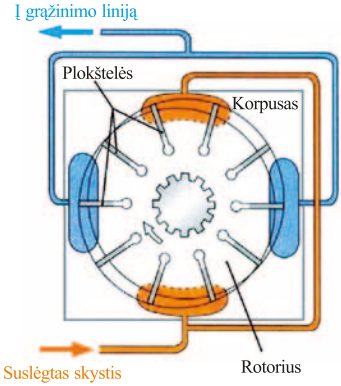
Šiek tiek pasislinkusi į dešinę fiksatorius šerdis iškilimu užkabina ir atitraukia valdymo vožtuvą, todėl hidraulinis skystis gali patekti į kairiąją pusę stumdamas stūmoklį į kairę. Rutuliukai sukrenta į fiksatoriaus šerdies išdrožą. Kad rutuliukai iš mechanizmo neiškristų, stūmokliui slenkant į kairę, spyruoklė ant jų užstumia užmautę. Stūmokliui grįžtant į kraštinę dešinę padėtį, procesas kartojasi atvirkščia tvarka.

Visi hidrocilindrai sukelia slenkamąjį judesį. Kai reikia sukamojo judesio, naudojami hidrocilindrai su mechanine sukamąja pavara arba hidrovarikliai.




**3.19 pav.** Hidrocilindras su mechanine sukamąja pavara.

Norint pasiekti sukamąjį judesį, hidrocilindro kote išpjaunami dantys. Dantytas kotas sukabinamas su krumpliaračiu. Kotui slankiojant, krumpliaratis sukasi.




**3.20 pav.** Subalansuotas plokštelinis hidrovariklis.

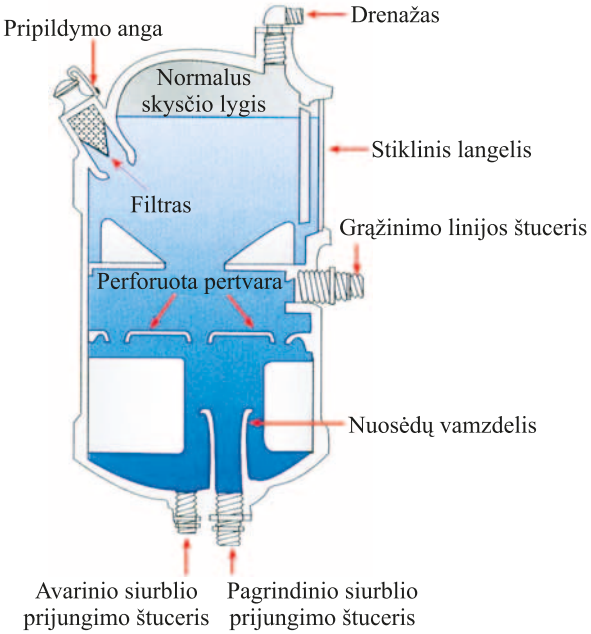
Hidrovariklio funkciją gali atlikti tas pats hidraulinis siurblys (rotorinis plokšteliais arba aksialinis stūmoklinis su pasvirusiu cilindrų bloku), į jį pumpuojant suslėgtą hidraulinį skystį. Taip pasiekiamas sukamasis judesys. Labai patogu naudoti subalansuotus plokštelinius hidrovariklius. Tokio variklio rotorius apkraunamas simetriškais krūviais. Būtent todėl jis vadinamas subalansuotu. Į korpuse esančias suslėgto skysčio angas pumpuojant hidraulinį skystį ir per kitas angas leidžiant jam laisvai ištekėti į grąžinimo liniją, rotorius sukasi korpuso viduje esančioje simetriško ovalo formos ertmėje.

## 3.3. Bakai

Bakuose laikomas hidraulinės sistemos darbui reikalingas skystis. Be to, bakas kompensuoja skysčio tūrio pokyčius sistemoje, jai dirbant ir kintant temperatūrai. Bakuose hidroskystis ataušta, iš jo atsiskiria oras, kitos ištirpusios dujos, nusėda putos. Normaliam sistemos darbui palaikyti bako talpa turi būti ne mažesnė kaip 50 % hidrosistemos (be bako) talpos. Be to, bake turi tilpti ne mažiau skysčio, kiek gali perpumpuoti per 30 sekundžių visi sistemos siurbliai, dirbdami vienu metu.

Orlaivių hidraulinėse sistemose naudojami atvirieji ir uždarieji bakai. Hidraulinė sistema, turinti atvirąjį baką, vadinama atviraja. Sistema su uždaruoju baku vadinama uždaraja.

Atvirasis hidraulinės sistemos bakas – tai cilindro ar sferos formos talpykla. Ji dažniausiai gaminama iš aliuminio lydinio. Bako viduje esančios pertvaros jį sustandina ir neleidžia skysčiui teliūskuotis. Jos taip pat pagreitina putų nusėdimą ir oro atskyrimą.




**3.21 pav.** Atviro tipo hidraulinės sistemos bako sandara.

Per bako viršuje esančią angą su filtru papildomas hidraulinis skystis. Per šone esantį stiklinį langelį vizualiai kontroliuojamas skysčio lygis. Bake gali būti ir kitoks skysčio kiekio matuoklis. Hidraulinei sistemai dirbant, skysčio lygis bake nuolat kinta. Jei nebūtų drenažinio vamzdelio, padaugėjus skysčio susidarytų vidinis slėgis, o sumažėjus – išretėjimas. Drenažo vamzdelis dažniausiai baigiasi filtru, neleidžiančiu teršalams patekti iš aplinkos. Kai kuriuose orlaiviuose į hidraulinės sistemos baką pumpuojamas oras iš suslėgto oro ar kondicionavimo sistemos, prieš tai redukciniu vožtuvu pažeminant oro slėgį. Todėl tokiame bake visą laiką palaikomas truputį didesnis slėgis nei aplinkos ir hidraulinės sistemos siurbliai apsaugomi nuo kavitacijos. Padidėjusio slėgio bakai naudojami labai aukštai skraidančiuose lėktuvuose. Juose palaikomas 0,15–0,4 mPa slėgio perviršis, palyginti su aplinkos slėgiu.

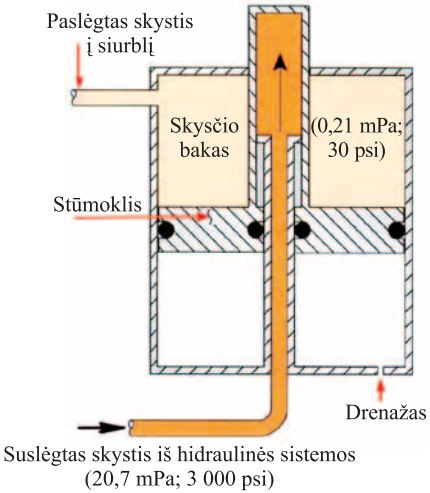
Grąžinimo linijos štuceris išvedamas bako vidurinėje dalyje. Kad grąžinamas hidraulinis skystis mažiau putotų, kartais grąžinimo linijos štucerio gale įtaisomas specialus filtras.

Cirkuliuodamas sistemoje hidraulinis skystis kaista. Jei per bako sieneles nepakankamai aušinama, grąžinamas skystis gali būti aušinamas specialiame šilumokaityje arba pats bakas aušinamas priverstinai apipučiant ar praleidžiant šaltus degalus per bako viduje esantį specialų gyvatuką.

Bako dugne įstatomi du štuceriai. Vienas iš jų skirtas skysčiui tiekti į pagrindinį siurblį. Kad hidraulinei sistemai praradus sandarumą pagrindinis siurblys neišpumpuotų viso skysčio, šis štuceris baigiasi pakeltu vamzdeliu. Vamzdelis taip pat saugo, kad nuosėdos, jei tokios susidarytų, nepatektų į sistemą.

Avarinis siurblys hidraulinį skystį ima iš pat dugno ir gali išnaudoti visą hidraulinį skystį.

Uždaruosiuose bakuose hidroskystis nuo aplinkos atskirtas stūmokliu arba elastinga membrana. Šie bakai naudojami manevrinių lėktuvų hidrosistemose, nes jie leidžia patikimai aprūpinti sistemą skysčiu atliekant evoliucijas, tarp jų ir su neigiamomis perkrovomis. Be to, tokiame bake skystis neturi tiesioginio kontakto su aplinkos oru.



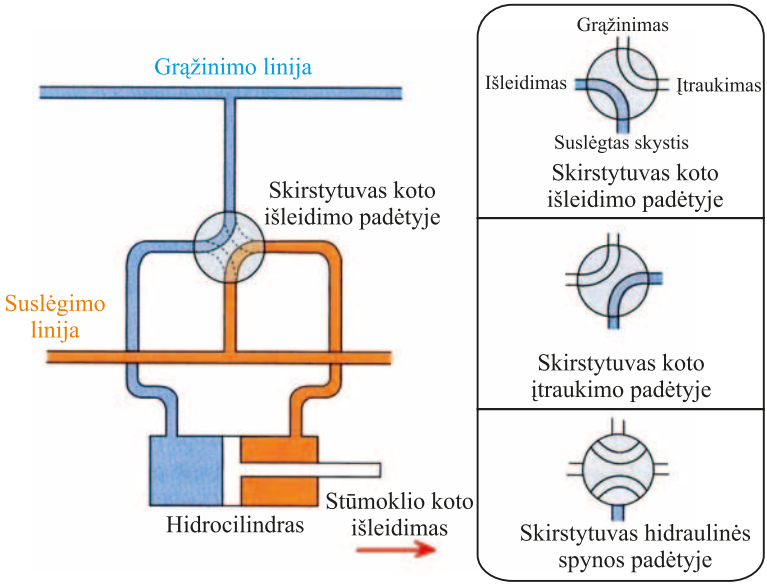

**3.22 pav.** Uždarojo hidraulinės sistemos bako sandara.

Uždarųjų hidraulinių sistemų bakų slėgiui palaikyti gali būti naudojamos spyruoklės, suslėgtas oras ar pačios hidraulinės sistemos slėgis. 3.22 pav. parodytame bake slėgis palaikomas, į stūmoklio viršutinės dalies ertmę pumpuojant suslėgtą hidraulinį skystį.

## 3.4. Valdymo įranga (skirstytuvai)

Valdymo įranga  suslėgtas skystis nukreipiamas į reikiamas pavaras ar kitus vartotojus bei jų ertmes. Hidraulinėse sistemose naudojami krano tipo, stūmokliniai ir vožtuvų tipo skirstytuvai.

Krano tipo skirstytuvai. Jie sudaryti iš cilindro ar kūgio formos šerdies, besisukiojančios korpuse. Šerdis turi angas, kurios esant reikiamai pozicijai sujungia atitinkamus kanalus su slėgio ir drenažinėmis linijomis.

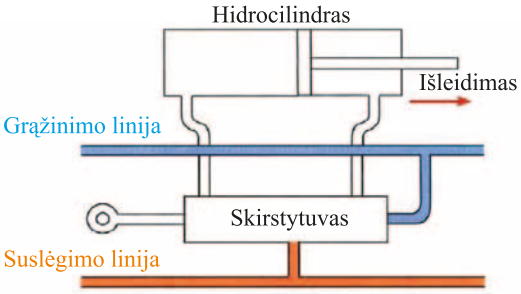



**3.23 pav.** Dvipusio veikimo hidrocilindro valdymo krano tipo skirstytuvu schema.

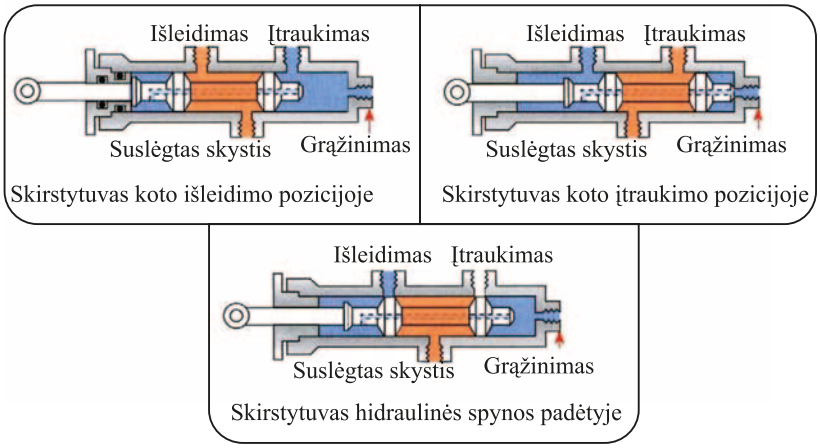
Krano tipo skirstytuvai pasižymi paprasta konstrukcija ir geru hermetiškumu. Tačiau šerdžiai pasukti reikalingas nemažas momentas. Šio

tipo skirstytuvai dažniausiai naudojami žemo slėgio hidraulinėse sistemose ir ten, kur valdymui galima panaudoti tik sukamąjį judesį.

Stūmokliniai skirstytuvai – tai cilindrai, kuriuose kotu perslenkami stūmokliai, sujungiantys slėgio vartotojus su atitinkamomis slėgio ar hidraulinio skysčio grąžinimo linijomis. Šie skirstytuvai sudaryti iš cilindro formos korpuso, kuriame slankioja keli bendru kotu sujungti stūmokliai.



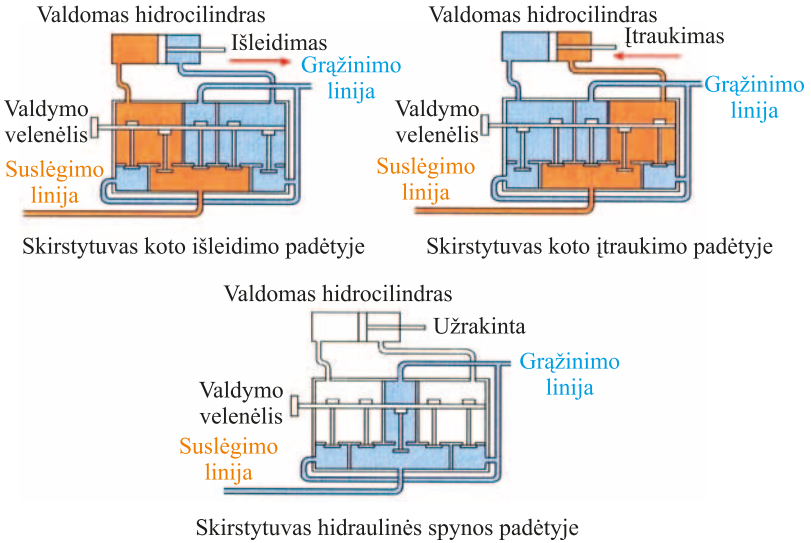

Stūmoklinio skirstytuvo prijungimo schema




**3.24 pav.** Stūmoklinio skirstytuvo prijungimo schema ir veikimas.

Tokie skirstytuvai kompaktiški, jiems nereikia didelės valdymo jėgos ir jie pasižymi geru hermetiškumu. Tačiau juos gaminant, būtina tiksliai suleisti cilindro ir stūmoklių darbinius paviršius. Jie labai jautrūs taršai. Patekus nors ir nedidelėms teršalų dalelėms, gali užsikirsti.

Hidraulinėse sistemose naudojami ir vožtuvų tipo hidrauliniai skirstytuvai. Juose hidraulinio skysčio tekėjimas valdomas atidarant ir uždarant atitinkamus vožtuvus. Vožtuvai darinėjami kumšteliais, esančiais ant besisukančio veleno. Parinkus tinkamą kumštelio profilį, toks skirstytuvas leidžia pasiekti labai didelę skysčio praleidimo dėsnių įvairovę.




Skirstytuvas koto išleidimo padėtyje

Skirstytuvas koto įtraukimo padėtyje

Skirstytuvas hidraulinės spynos padėtyje

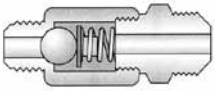
**3.25 pav.** Vožtuvų tipo hidroskirstytuvo, valdomas kumštelinio mechanizmo, veikimas.

Vožtuvų tipo skirstytuvą taip pat galima valdyti rankiniu būdu, elektromagnetine arba hidrauline pavaromis sukant valdymo velenėlį. Šio tipo skirstytuvas taip pat gana jautrus hidraulinio skysčio taršai. Jo konstrukcija ir gamyba sudėtingesnė. Tačiau jam valdyti nereikia didelės jėgos.

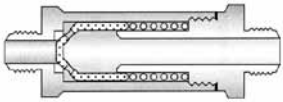
## 3.5. Reguliavimo įranga

Kaip reguliavimo įranga naudojami įvairios paskirties vožtuvai.

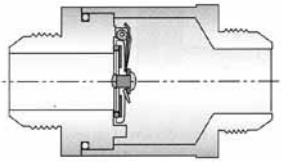
Hidraulinėse sistemose itin plačiai naudojami vienos krypties vožtuvai. Jie leidžia skysčiui tekėti tik viena kryptimi. Visi vienos krypties vožtuvai sudaryti iš korpuso, kuriame įstatytas uždarantis elementas (rutuliukas, kūginė įvorė ar sklendė). Paprastai esant uždarai padėčiai šį elementą dar prilaiko spyruoklė.



Rutulinis vienos krypties vožtuvas



Kūginis vienos krypties vožtuvas

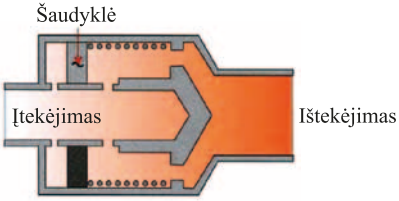


Sklendės tipo vienos krypties vožtuvas

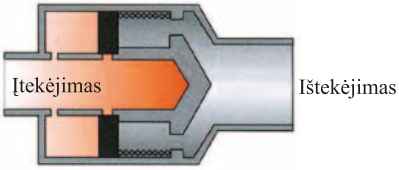
**3.26 pav.** Hidraulinėse sistemose naudojamų vienos krypties vožtuvų principinės schemos.

Spyruoklės ne tik patikimiau uždaro vožtuvus, bet leidžia pasiekti, kad jie atsidarytų tik esant tam tikram slėgių skirtumui. Tuomet vienos krypties vožtuvai gali būti naudojami kaip apsauginiai vožtuvai arba kaip mažiausių slėgių skirtumą palaikantys vožtuvai.

Droseliniai vožtuvai (droseliai). Jų paskirtis – apriboti tekančio skysčio kiekį.




Vožtuvo padėtis esant normaliam skysčio tekėjimui

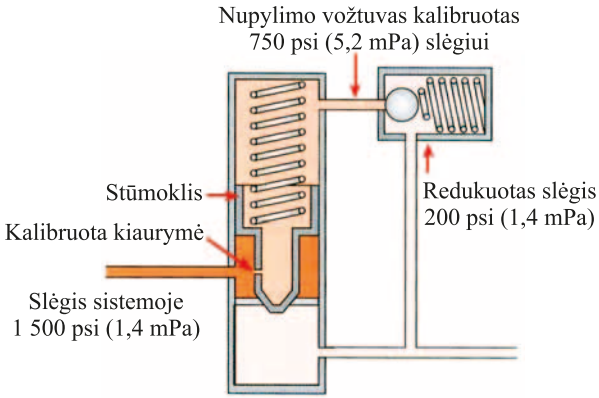



Vožtuvo padėtis esant per dideliam slėgių skirtumui

**3.27 pav.** Paprasčiausio šaudyklinio droselinio – apsauginio vožtuvo schema.

Tam droselis turi elementus, kuriuose padarytos kiaurymės atlieka hidraulinės varžos vaidmenį. Be to, kai kuriuose droseliuose įtaisomas šaudyklinis apsauginis vožtuvas. Kai ypač padidėja įėjimo ir išėjimo slėgių skirtumas, įtekančio skysčio slėgis perstumia šaudyklę ir ji užblokuoja tekėjimo kiaurymes.

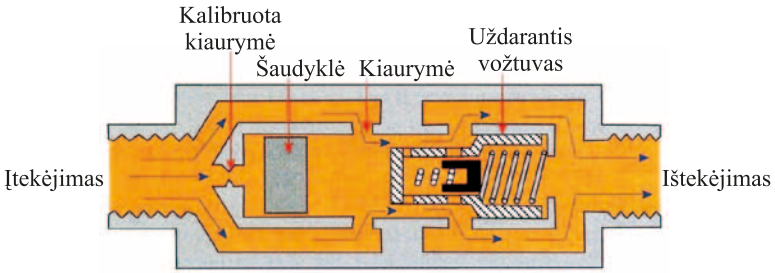
Dažnai įvairių hidraulinės sistemos vartotojų poreikiams tenkinti būtinas žemesnis slėgis nei palaikomas visoje sistemose. Slėgiui sumažinti naudojami redukciniai vožtuvai. Ištekančio iš redukcinio vožtuvo skysčio slėgis yra mažesnis nei įtekančio.



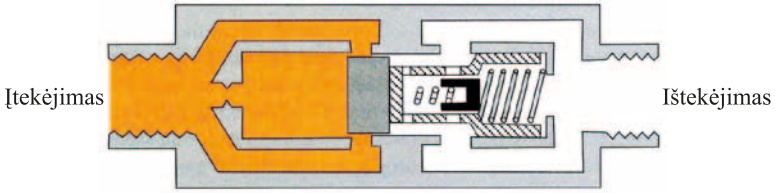

**3.28 pav.** Netiesioginio veikimo redukcinis vožtuvas.

Redukcinio vožtuvo veikimas paremtas reguliuojančio vožtuvo plotų, kuriuos veikia skirtingo slėgio skystis, skirtumu. Šių plotų santykis ir lemia aukšto bei redukuoto slėgių santykį. Šie vožtuvai saugo sistemą nuo per didelio slėgio sugedus siurblio slėgio reguliatoriui arba esant temperatūriniam skysčio plėtimuisi. Orlaivių hidrosistemose naudojami tiesioginio ir netiesioginio veikimo redukciniai vožtuvai. Tiesioginio veikimo redukcinis vožtuvas neturi valdančiojo atbulinio vožtuvėlio.

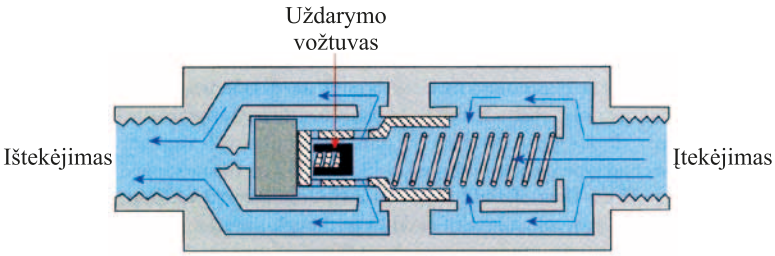
Hidraulinėje sistemoje palaikomas tam tikras slėgis. Atsiradus pažeidimams ar kitokiems gedimams, slėgis staigiai sumažėja. Kad hidroskystis iš veikiančios sistemos dalies neištekėtų, montuojami dvikrypčiai apsauginiai vožtuvai.




**3.29 pav.** Dvikryptis apsauginis vožtuvas praleidžia skystį iš įtekėjimo angos į ištekėjimo angą. Įėjimo ir išėjimo slėgių skirtumas normalus.




**3.30 pav.** Dvikrypčio apsauginio vožtuvo šaudyklė užblokavo skysčio tekėjimą nukritus ištekančio skysčio slėgiui (per daug padėjus įtekėjimo ir ištekėjimo slėgių skirtumui).



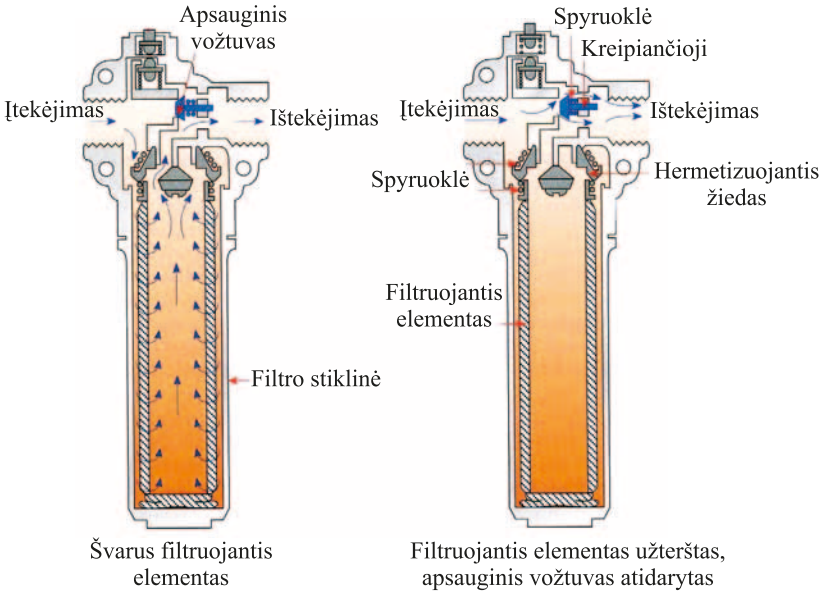

**3.31 pav.** Dvikrypčio apsauginio vožtuvo uždarantis bei uždarymo vožtuvai nustumti į kairę ir netrukdo tekėti skysčiui atvirkščia kryptimi.

Šie vožtuvai leidžia skysčiui cirkuliuoti į abi puses. Tačiau smarkiai nukritus išėjimo slėgiui, įėjimo kanalas blokuojamas nuo išėjimo. Iliustracijoje parodytas vožtuvas palaiko tam tikrą slėgių skirtumą skys-

čiui tekant atbuline kryptimi. Jei atbulinis slėgis sumažėja, spyruoklė atstumia uždarymo vožtuvą į dešinę pusę ir neleidžia tekėti skysčiui.

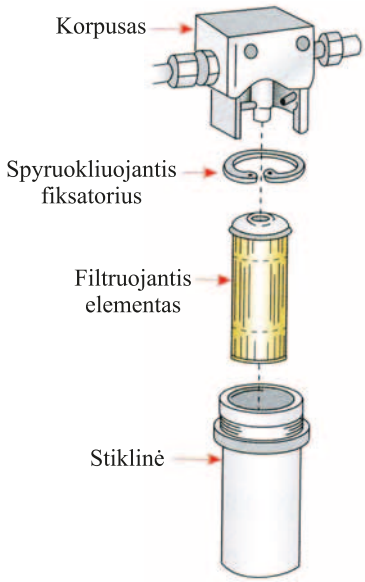
## 3.6. Filtrai

Nuo filtrų labai priklauso visos hidraulinės sistemos darbo patikimumas, nes visa hidroaparatūra labai jautri teršalams.




**3.32 pav.** Hidraulinės sistemos filtro schema. Kairėje pusėje parodytas filtro darbas normaliu režimu. Dešinėje – užsikimšus filtruojančiam elementui.

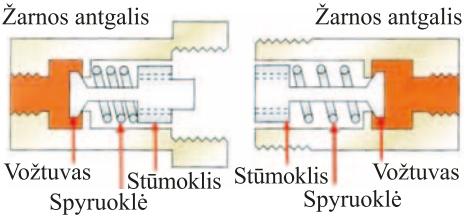
Filtras sudarytas iš korpuso, prie kurio tvirtinama stiklinė su keičiamu filtruojančiu elementu. Per įtekėjimo angą patekęs hidraulinis skystis nuteka į stiklinę. Skystis per filtruojantį elementą teka į jo vidinę dalį ir išteka iš filtro. Tekančiame per filtruojantį elementą hidrauliniame skystyje išvalomi esantys mechaniniai teršalai. Filtro korpuse visuomet įtaisomas apsauginis vožtuvas, kuris atsidaro skrydžio metu užsiteršus filtruojančiam elementui, taip leisdamas saugiai užbaigti skrydį.




**3.33 pav.** Hidraulinės sistemos filtro sandara.

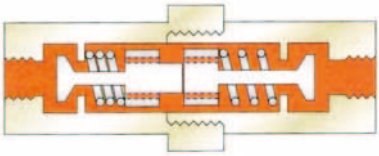
## 3.7. Pagalbinė įranga

Hidraulinėse sistemose naudojama nemažai įvairios pagalbinės įrangos. Vienas iš tokių įrangos elementų yra greito žarnų sujungimo jungtys, naudojamos dažnai atjungiamuose žarnų ar žarnų ir standžių vamzdžių sujungimuose. Šios jungtys leidžia greitai ir be specialių įrankių atjungti žarnas viena nuo kitos nepažeidžiant sistemos hermetiškumo ir sumažinant skysčio nuotėkį.




**3.34 pav.** Atjungta greito žarnų sujungimo jungtis.

Žarnas atjungus, spyruoklės atstumia stūmoklius uždarydamos antgaliuose esančius vožtuvus.



**3.35 pav.** Sujungta greito žarnų sujungimo jungtis.

Kai žarnos sujungiamos, vienas į kitą įsirėmę stūmokliai nuspaudžia vožtuvus. Tuomet hidraulinis skystis gali laisvai cirkuliuoti per jungtį.

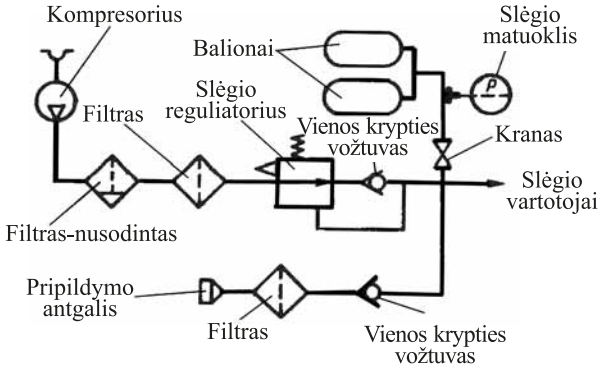
# 4. SUSLĖGTO ORO (PNEUMATINĖS) SISTEMOS

Suslėgto oro sistemos kaip energetinės sistemos aviacijoje dabar naudojamos gana retai. Dažniausiai lengvuosiuose lėktuvuose. Svarbiausi suslėgto oro sistemų trūkumai:

1. Negalima greitai perduoti energijos vartotojams.
2. Kintant pasipriešinimo jėgai, pavaros judesį perduoda netolygiai.
3. Neįmanoma fiksuoti pavaros esant tarpinei padėčiai.
4. Sistemoje gali susidaryti ir užšalti kondensatas.
5. Dujos netepa besitrinančių paviršių.

Dėl minėtų trūkumų pneumatinės pavaros šiuolaikiniuose orlaiviuose dažniausiai naudojamos tik kaip avarinės. Tačiau lengvuosiuose lėktuvuose gali būti naudojamos ir kaip pagrindinės.

Sistemos pripildomos suslėgto azoto arba oro (rečiau). Sistemos, turinčios kompresorius, pripildomos tik oro. Standartinis slėgis: 5 arba 15 MPa.



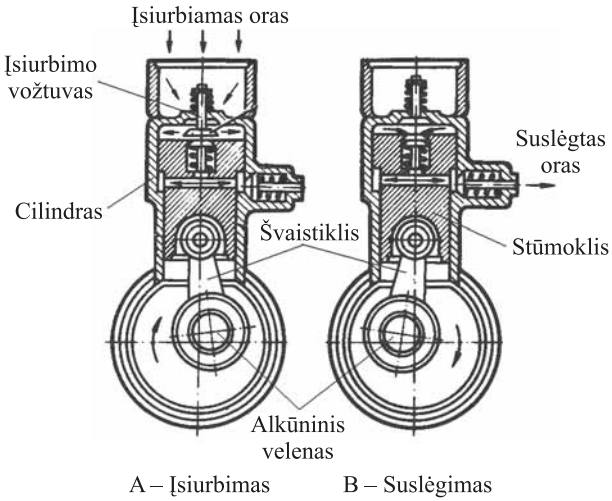

**4.1 pav.** Principinė pneumatinės sistemos schema.

Sistema veikia taip: kol slėgis balionuose mažesnis nei didžiausias nustatytas sistemos slėgis, kompresorius pučia orą į sistemą. Slėgiui pasiekus didžiausią reikšmę, reguliatorius perveda kompresorių į tuščiosios eigos režimą (reguliatorius išleidžia orą atgal į atmosferą).

## 4.1. Pneumatinių sistemų slėgio šaltiniai

Tai kompresoriai ir suslėgtų dujų balionai.

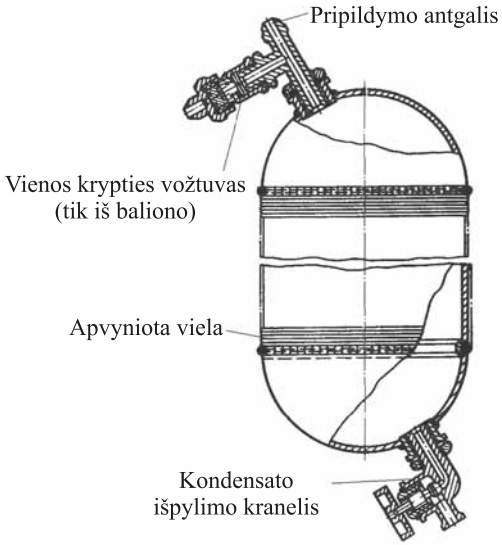
Suslėgto oro sistemose plačiai naudojami dviejų pakopų stūmokliniai kompresoriai. Jie gana paprasti, patikimi ir nereikalingi daug priežiūros. Svarbiausi tokių kompresorių trūkumai: nedidelis našumas ir slėgio pulsacijos.




**4.2 pav.** Dviejų pakopų stūmoklinio kompresoriaus veikimo schema.

Judėdamas žemyn kompresoriaus stūmoklis per vienos krypties įsiurbimo vožtuvą į cilindrą įsiurbia porciją oro. Stūmokliui judant į viršų, įsiurbimo vožtuvas dėl padidėjusio slėgio užsidaro ir suslėgtas oras per stūmoklio centre ir išėjime esančius vožtuvus pumpuojamas į sistemą.

Balionai. Jie būna cilindro arba rutulio formos. Gali būti gaminami iš plieno arba iš armuotų plastikų. Kaip balionus stengiamasi panaudoti kitus orlaivio konstrukcijos elementus (pavyzdžiui, tuščiavidurės sraigtasparnių važiuoklės kojos gali būti panaudotos suslėgtam orui ar kitoms dujoms saugoti).




**4.3 pav.** Baliono pjūvis.

Baliono viršuje sumontuotas pripildymo antgalis, per kurį oras pumpuojamas iš kompresoriaus ar iš antžeminio suslėgto oro šaltinio. Iš antgalio atšakos per vienos krypties vožtuvą oras paimamas į sistemą. Žemiausiame baliono taške yra įtaisytas kranelis, skirtas vandens kondensatui iš baliono pašalinti.

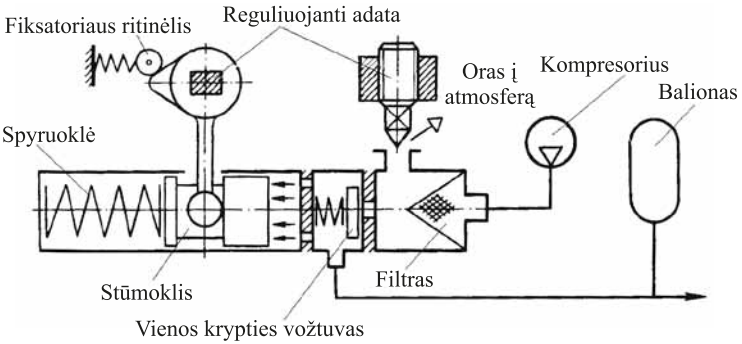
Plieniniai cilindriniai balionai dažnai apvyniojami iš anksto įtempta plienine viela ir aplituojami minkštu lydmetaliu. Tokiu būdu sumažinama skeveldrų atsiradimo tikimybė sprogus suslėgtų dujų pripildytam balionui.

Kiekvienas suslėgto oro balionas turi būti periodiškai tikrinamas slėgiu, didesniu nei leistinas maksimalus sistemoje.

## 4.2. Slėgio reguliatoriai

Tai įrenginiai, pneumatinių sistemų dujų slėgį palaikantys neviršijant tam tikrų iš anksto numatytų ribų. Pagal tai, koks sistemoje palaikomas slėgis, naudojami tiesioginio veikimo ir dviejų pakopų slėgio reguliatoriai.

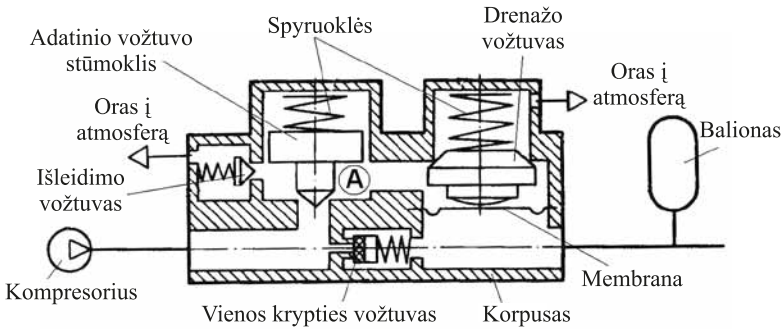
Tiesioginio veikimo slėgio reguliatoriai naudojami, kai nominalus slėgis sistemoje 5mPa (700 psi).




**4.4 pav.** Tiesioginio veikimo slėgio reguliatoriaus principinė schema.

Reguliatorius veikia taip. Reguliuojanti adata su sriegiu įsukta į stūmoklio sukiojamą įvorę. Pasislinkęs stūmoklis pasuka įvorę, kuri prie išleidimo kiaurymės prispaudžia arba atleidžia reguliuojančią adatą. Pasiekus 5 mPa slėgį, stūmoklis persislinks į kairę. Į kumštelį besiremiantis fiksatoriaus ritinėlis staigiai pasuks adatos įvorę ir adata atidarys išleidimo kiaurymę. Oras iš reguliatoriaus tekės į atmosferą. Slėgiui pasiekus 4 mPa, stūmoklis pasislinks į kairę. Dėl to pasisuks adatos įvorė ir adata uždarys oro ištekėjimo kiaurymę. Šio tipo reguliatorius slėgį palaiko neviršijant 4–5 mPa ribų.

Kai sistemos nominalus slėgis palaikomas neviršijant 14–15 mPa (2 000–2 200 psi) ribų, naudojamas dviejų pakopų slėgio reguliatorius.

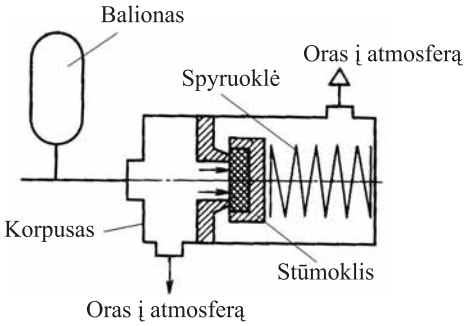



**4.5 pav.** Dviejų pakopų slėgio reguliatoriaus principinė schema.

Šio reguliatoriaus išleidimo vožtuvo spyruoklė sureguliuota 1,5 mPa slėgiui, drenažo vožtuvo – 14 mPa slėgiui, o adatinio vožtuvo spyruoklė –15 mPa slėgiui. Jis veikia taip. Kompresorius per vienos krypties vožtuvą pūs orą į sistemą kol, pasiekus 14 mPa slėgį, membrana pakels drenažo vožtuvą uždarydama orui iš A ertmės kelią į atmosferą. Slėgiui sistemoje pasiekus 15 mPa, suslėgtas oras pakels adatinio vožtuvo stūmoklį ir oras iš A ertmės per išleidimo vožtuvą ims veržtis į atmosferą. Kompresorius pradės veikti tuščiąja eiga. Išleidimo vožtuvas A ertmėje paliko 1,5 mPa slėgį, reikalingą adatiniam vožtuvui palaikyti, kai yra atidarytas, nes jo stūmoklio plotas 10 kartų didesnis nei adatos plotas. Slėgiui sistemoje nukritus iki 14 mPa, drenažo vožtuvo spyruoklė nugalės membranos jėgą ir šis vožtuvas atsidarys sujungdamas A ertmę su aplinka. Dėl to užsidarys adatinis ir išleidimo vožtuvai, kompresorius vėl pumpuos orą į sistemą.

## 4.3. Apsauginiai vožtuvai

Šie vožtuvai apsaugo sistemą nuo per didelio slėgio sugedus slėgio reguliatoriams ar pakilus slėgiui sistemoje, kai kaisdamos dujos smarkiai išsiplečia.

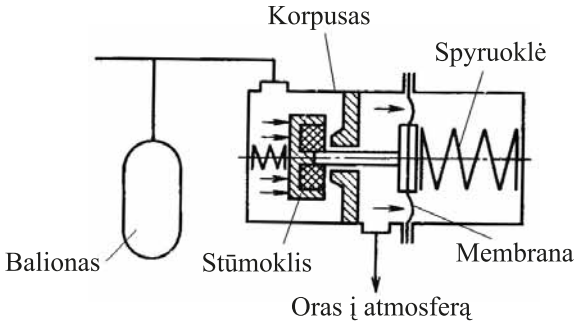



**4.6 pav.** Principinė apsauginio vožtuvo schema.

Sistemoje per daug pakilus slėgiui, dujos, nustūmusios stūmoklį, suspaudžia spyruoklę ir laisvai teka į aplinką, kol slėgis nukrenta ir stūmoklis uždaro vožtuvą.

## 4.4. Redukciniai vožtuvai

Jie naudojami, kai kurioje nors sistemos dalyje reikia sumažinti slėgį iki priimtino konkrečiam vartotojui ar jų grupei.



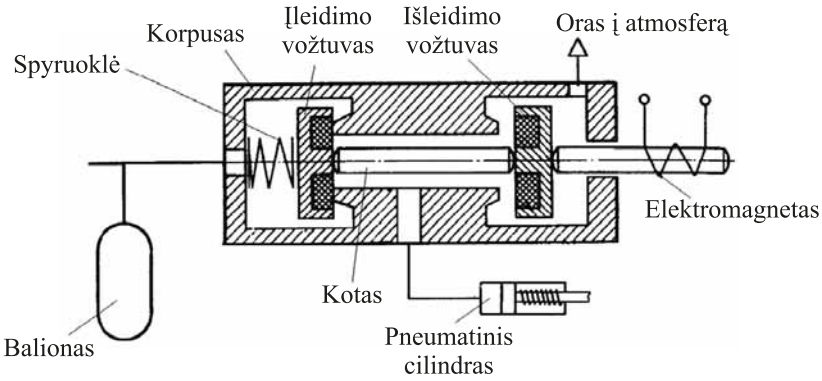

**4.7 pav.** Principinė redukcinio vožtuvo schema.

Redukcinis vožtuvas veikia taip: iš baliono oras patenka į korpusą, kuriame yra tarp dviejų spyruoklių suspaustas stūmoklis. Vienas stūmoklio galas uždarinėja ar atidarinėja oro įleidimo į sistemą angą, kitas per kotą sujungtas su membrana. Esant normaliam darbo režimui, spyruoklė atsveria oro slėgį į membraną ir vožtuvas atidarytas tiek, kad palaikytų iš anksto sureguliuotą slėgių skirtumą tarp baliono ir sistemos. Kai slėgis sistemoje pakyla, membraną veikianti slėgio jėga nugali spyruoklės jėgą ir vožtuvas pridaro orui kelią iš baliono į sistemą. Slėgis sistemoje krenta.

Kai slėgis sistemoje nukrenta, spyruoklė atidaro vožtuvą ir į sistemą įleidžia daugiau oro.

## 4.5. Skirstytuvai

Jie naudojami, kai reikia paskirstyti į vartotojus tekantį orą. Pneumatinėse sistemose gali būti kelių tipų skirstytuvai. Išnagrinėsime dviejų pozicijų skirstytuvą. Jis turi tik dvi padėtis.




**4.8 pav.** Principinė dviejų pozicijų skirstytuvo schema.

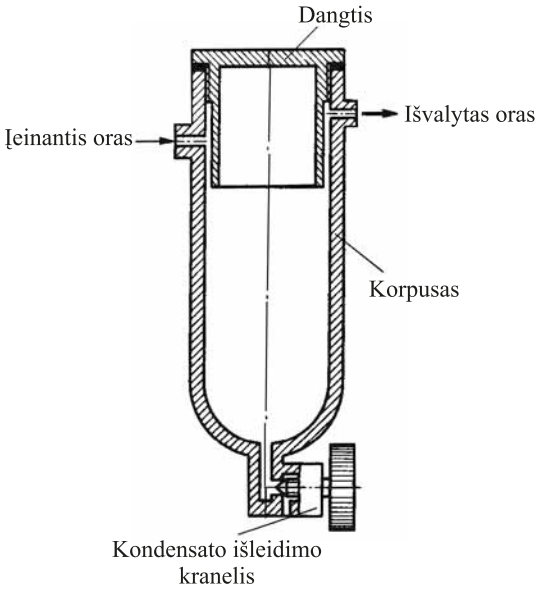
Kai elektromagneto apvija elektros srovė neteka, įleidimo vožtuvą spyruoklė laiko prispaudusi prie korpuso briaunos. Oras negali patekti į pneumocilindrą, o iš jo laisvai išeina į atmosferą. Įjungus elektromagnetą, jo šerdis pastumia ir uždaro išleidimo vožtuvą, kartu atidarydama įleidimo vožtuvą ir leisdama suslėgtam orui patekti į pneumocilindrą.

## 4.6. Kiti įrenginiai

Be išnagrinėtų įrenginių, pneumatinėse sistemose naudojami:

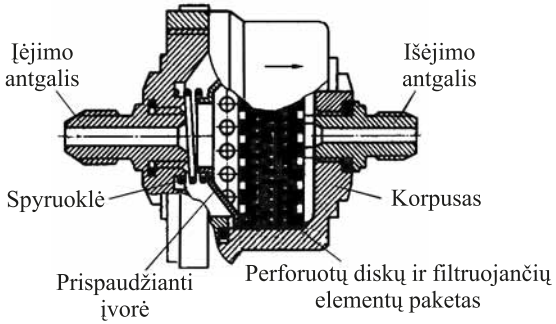
1. Filtrai.
2. Drėgmės šalinimo įranga.
3. Vamzdynai ir įvairios jų jungtys.

Filtrai pašalina iš pneumosistemoje cirkuliuojančių dujų nereikalingas priemaišas. Naudojami filtrai-nusodintuvai ir srautiniai filtrai.




**4.9 pav.** Filtro-nusodintuvo schema.

Filtrai-nusodintuvai pašalina drėgmę ir tepalą sustabdydami oro srautą bei sukeldami jame sūkurius. Tokio filtro žemiausiame taške montuojamas kondensato nuleidimo kranelis.




**4.10 pav.** Srautinio filtro schema.

Srautiniai filtrai šalina iš dujų mechanines priemaišas (dulkes, metalo ir kitokias daleles). Dujos valomos priverčiant jas pereiti per filtruojančių elementų paketą.

Dujos pneumosistemoje cirkuliuoja lanksčiomis žarnomis arba standžiais vamzdeliais. Lanksčios žarnos gaminamos iš elastingų armuotų medžiagų. Sistemose naudojami plieniniai arba aliuminio lydinių vamzdeliai.

## 4.7. Techninė pneumatinių sistemų priežiūra

Svarbiausios pneumatinių sistemų techninės priežiūros operacijos yra šios:

1. Tikrinamas slėgis balionuose. Jei reikia, sistema papildoma suslėgtomis dujomis iš antžeminių šaltinių.

2. Iš balionų ir filtrų nupilamas nusistovėjęs vanduo.

3. Tikrinama vamzdelių ir jungčių techninė būklė, atkreipiant dėmesį į įtrūkius, dažų pažeidimus, metalizacijos būklę, suvirinimo siūles.

4. Tikrinami balionai ir jų tvirtinimas prie orlaivio.

## 4.8. Būdingi pneumatinių sistemų gedimai

Pneumatinėms sistemoms būdingi šie gedimai:

1. Hermetiškumo praradimas (ypač jungčių vietose). Dujų nuotėkis padidėja esant žemoms temperatūroms, nes sandarikliai praranda elastingumą.

2. Susikaupusio kondensato užšalimas. Taip pat ledo susidarymas tose vietose, kuriose oras išmetamas į aplinką (iš įvairių reguliatorių ir vožtuvų).

# 5. ORO KONDICIONAVIMO SISTEMOS

Šiuolaikiniai orlaiviai gali skraidyti ilgai, itin aukštai, labai įvairiomis klimato sąlygomis. Nepaisant to, tiek įgula, tiek keleiviai turi gerai jaustis. Nuo to priklauso ne tik komfortas, bet ir skrydžių saugumas. Akivaizdu, kad orlaivio įgula negalės ilgai ir be klaidų atlikti savo funkcijų, jeigu jai nebus sudarytos tinkamos darbo sąlygos. Oro kondicionavimo, kabinos slėgio ir deguonies sistemos priskiriamos prie orlaivio įgulos bei keleivių gyvybės palaikymo ir komforto užtikrinimo sistemų grupės. Būtent jos atsakingos už tinkamų sąlygų orlaivio įgulos darbui ir keleiviams bei kroviniams sudarymą.

Oro kondicionavimo sistema turi palaikyti keleivių bei įgulos kabinų (kartais ir krovinių skyriaus) oro temperatūrą ir tinkamai jas vėdinti. Prireikus sistema turi kontroliuoti ir palaikyti tinkamą drėgmės režimą.

Oro kondicionavimo sistema turi užtikrinti šių parametrų atmosferą kabinos viduje:

1. Šviežio oro debitą, kuris turi būti nuo 0,23 kg/min. (0,5 lb/min.) iki 0,45 kg/min. (1lb/min.)1 lb vienam keleiviui. Įgulai turi būti tiekiama ne mažiau kaip 0,3 $m^3$/min. (10 $ft^3$/min.) kiekvienam įgulos nariui.

2. Palaikyti 18–24 $^oC$ temperatūrą.

3. Palaikyti apie 30 % santykinį oro drėgnumą.

4. Anglies monoksido koncentracija neturi būti didesnė kaip 1/20000.

5. Orlaivyje turi būti kelios lygiagrečiai veikiančios kondicionavimo sistemos. Vienai jų sugedus, kita turi užtikrinti ne mažesnį kaip 0,23 kg/min. (0,5 lb/min.) šviežio oro srautą vienam žmogui.

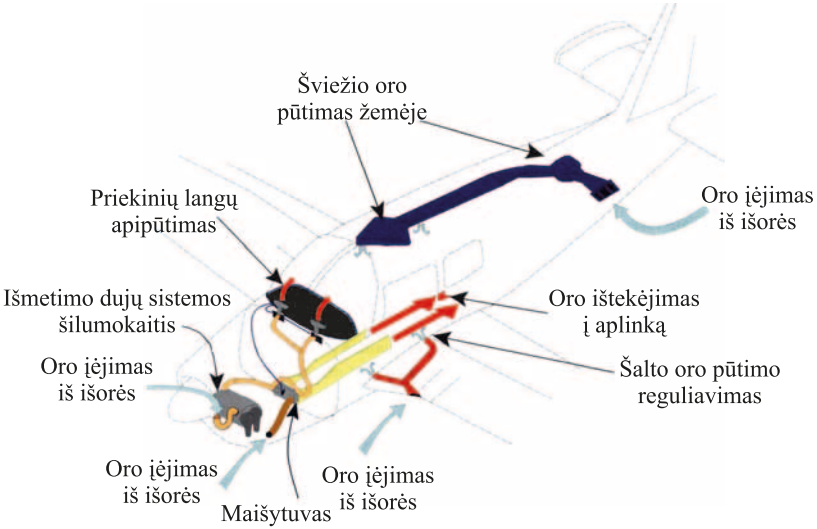
Kai skrydžiai vyksta ne didesniais kaip 25 000 m aukščiais, naudojamos ventiliuojamo tipo kabinos. Į jas nuolat pumpuojamas oras (dažniausiai imamas iš variklio kompresoriaus). Pagal poreikį, prieš patekdamas į kabiną, jis pašildomas arba atšaldomas. Tuo pačiu metu oras iš kabinos išteka per slėgio reguliatorių, palaikantį iš anksto numatytą slėgių tarp orlaivio išorės ir kabinos skirtumą. Ištekantis oras nusineša žmogaus iškvepiamą angliarūgštę ir vandens garus.

Lėktuvuose, galinčiuose skraidyti didesniais aukščiais, naudojamos izoliuotos kabinos. Jose oras nuolat papildomas iš balionų. Balionuose taip pat laikomos papildomos deguonies atsargos, skirtos kabinos atmosferai papildyti. Kvėpuojant žmogaus išskiriamos nuodingos medžiagos ir drėgmė šalinami specialiais jas sugeriančiais įrenginiais. Izoliuotos kabinos civilinėje aviacijoje šiuo metu nenaudojamos.

Nagrinėjant oro kondicionavimo sistemas tikslinga atskirti lėktuvų, turinčių nehermetiškas ir hermetiškas kabinas, kondicionavimo sistemas. Kondicionavimo sistemos tipas dar priklauso nuo lėktuve esančio variklio tipo. Dujų turbininio variklio kompresorius yra tinkamas kondicionavimo sistemai suslėgto oro šaltinis.

## 5.1. Lėktuvų su nehermetiškomis kabinomis oro kondicionavimo sistemos

Jei lėktuvo skrydžio aukštis ribojamas iki 3 000 m – leidžiama naudoti nehermetiškas kabinas. Dėl to nereikia palaikyti kabinoje padidinto slėgio. Todėl tiek orlaivio, tiek dalies jo sistemų konstrukcija tampa paprastesnė.

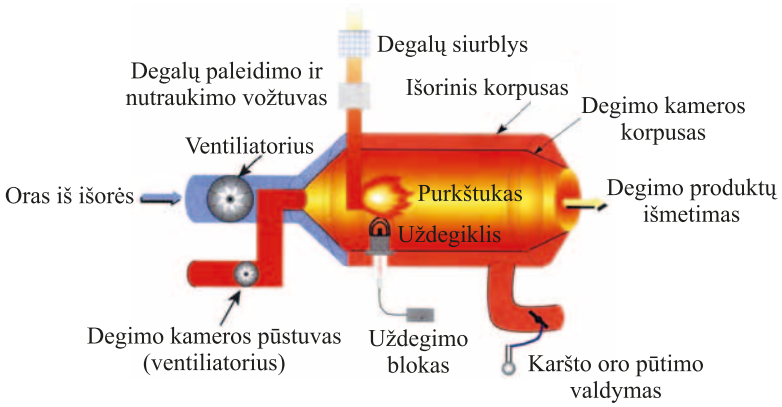



**5.1 pav.** Lengvojo vienmotorio lėktuvo su stūmokliniu varikliu kabinos apšildymo ir vėdinimo sistemos sandara.

Tokiose sistemose oras kabinai vėdinti imamas iš aplinkos. Jis į kabiną patenka veikiamas dinaminio slėgio. Todėl jei nėra papildomo ventiliatoriaus, tokios kabinos nesivėdina. Siekiant pašalinti šį trūkumą, dalyje lengvųjų lėktuvų montuojama šviežio oro pūtimo žemėje sistema, kurioje oras cirkuliuoja veikiant elektriniam ventiliatoriui. Esant žemoms aplinkos temperatūroms, prieš patekdamas į kabiną oras pašildomas šilumokaityje, kurį kaitina karštos variklio išmetamos dujos. Pašildytas oras maišytuve sumaišomas su aplinkos oru. Maišymo proporcijos ir nulemia į kabiną patenkančio oro temperatūrą.

**5.2 pav.** Lėktuvo „Money M20“ šilumokaitis. Jam panaudotas variklio išmetimo sistemos duslintuvo bakelis. Išorinis bakelio apvalkalas nuimtas. Matomos iškilos reikalingos didesnei turbulencijai cirkuliuojančiame ore sukelti ir kontaktui tarp šildomo oro bei duslintuvo ploto padidinti.

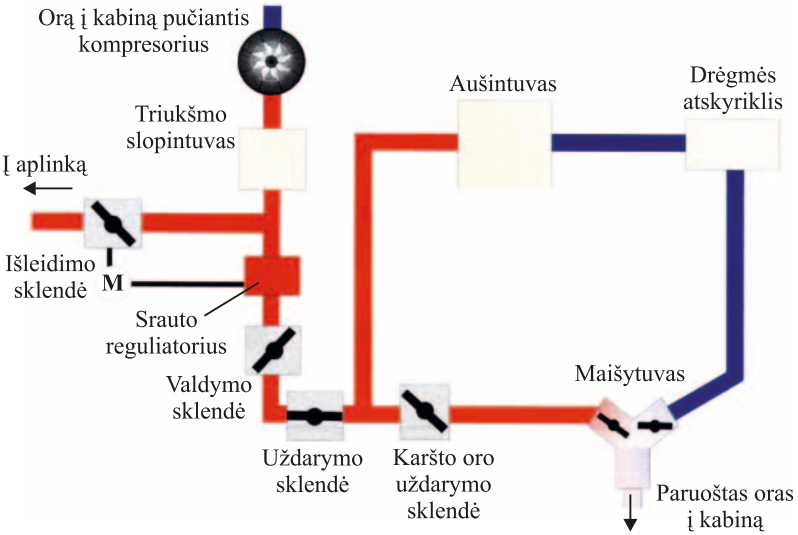
Kai reikia apšildyti didelių tūrių kabiną arba jei neveikia variklis, šilumokaičio tiekiamos šilumos nebeužtenka. Tada šildymui naudojamas skysto kuro šildytuvas. Šildytuvas – tai tipiška skystojo kuro, dažniausiai cilindro formos krosnelė. Į krosnelės degimo kamerą per purkštuką įpurškiami degalai. Ventiliatorius pučia šviežią orą. Degalų ir oro mišinys uždegamas specialia žvake. Vėliau degimas vyksta savaime. Krosnelės degimo produktai išmetami į atmosferą. Išoriniai degimo kameros paviršiai apipučiami ventiliatoriaus pumpuojamu oru, cirkuliuojančiu tarpe tarp išorinio korpuso ir degimo kameros korpuso. Liesdamasis su degimo kameros paviršiumi oras įšyla. Karštas oras maišytuve sumaišomas su šaltu, paimtu iš aplinkos, ir patenka į kabiną. Oro pašildymą galima reguliuoti keičiant krosnelėje sudeginamų degalų kiekį, per ją perpumpuojamo šildomo oro kiekį bei pašildyto ir šalto oro sumaišymo santykį.




**5.3 pav.** Skystojo kuro krosnelės, naudojamos lėktuvo kabinai apšildyti, schema.

## 5.2. Lėktuvų, turinčių hermetiškas kabinas ir stūmoklinius vidaus degimo variklius, kondicionavimo sistemos

Šio tipo lėktuvuose montuojami kompresoriai sukami arba alkūninio veleno, arba išmetamųjų dujų turbinos. Oras, paimtas iš aplinkos, kompresoriuje suslegiamas. Jo temperatūra pakyla. Siekiant sumažini kondicionavimo sistemos keliamą triukšmą, oro srautas leidžiamas per triukšmo slopintuvą. Srauto reguliatorius išleidžia oro perteklių į supančią atmosferą. Sistemoje sumontuota valdymo sklende reguliuojamas kondicionuojamo oro srautas. Uždarymo sklendė naudojama, kai reikia visiškai nutraukti karšto oro tiekimą į sistemą. Dalis karšto oro nukreipiama į šilumokaitį (aušintuvą), kuriame jis ataušinamas. Dažniausiai aušinama šaltu aplinkos oru. Sistemoje sumontuotas drėgmės atskyriklis neleidžia, kad per daug drėgnas oras patektų į vamzdynus ir kabiną. Ataušintas kondicionuoti skirtas oras maišomas su karštu, atitekančiu iš kompresoriaus. Maišymo proporcijos priklauso nuo norimos oro temperatūros kabinoje. Reikiamos temperatūros mišinys ortakiais patenka į reikiamas kabinos vietas ir per reguliuojamas tūtas išpučiamas į kabiną.



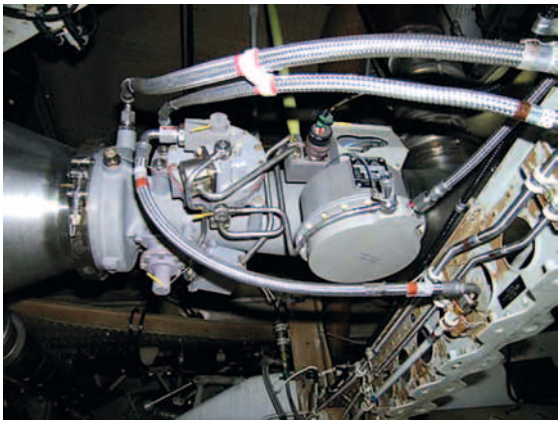

**5.4 pav.** Lėktuvo su stūmokliniu varikliu ir hermetiška kabina kondicionavimo sistemos principinė schema.

Tokio tipo sistema gana paprasta ir leidžia tiekti pašildytą orą. Tačiau ji negali būti naudojama, kai aplinkos temperatūra aukšta ir būtina tiekti atšaldytą orą. Tada sistemoje būtina naudoti kondicionierių su garintuvu.

## 5.3. Lėktuvų su turbininiais varikliais kabinos oro kondicionavimas

Šio tipo jėgaines turinčiuose lėktuvuose kondicionavimo sistema naudoja iš variklio kompresoriaus paimtą orą. Tačiau toks oras, pagal tai, iš kurios kompresoriaus pakopos jis paimamas, turi per aukštą temperatūrą (ji svyruoja nuo 140 iki 200 °C). Todėl, prieš tiekiant į keleivių saloną ar įgulos kabiną, jį būtina ataušinti. Aušinama naudojant vienos fazės ciklo (oro ciklo) arba dviejų fazių ciklo (garų ciklo) kondicionavimo įrenginius. Šiuolaikiniuose komerciniuose civilinės paskirties orlaiviuose su dujų turbininiais varikliais dažniausiai naudojami vienos fazės ciklo oro kondicionavimo įrenginiai.

Išnagrinėsime vienos fazės ciklo kondicionavimo sistemos, kurioje naudojamas visas turbininį šaldytuvą perėjęs oras, veikimą. Tokios sistemos schema parodyta 8 pav. Iš kompresoriaus kondicionavimo sistemai paimtas suslėgtas oras vamzdžiais teka į pirminį šilumokaitį. Pakeliui jis prateka vienos krypties vožtuvą, uždarymo vožtuvą (jis naudojamas, kai reikia atjungti sistemą nuo slėgio šaltinio), redukcinį vožtuvą (prireikus sumažinantį slėgį) bei srauto valdiklį. Pastarasis kontroliuoja į sistemą patenkančio oro kiekį.

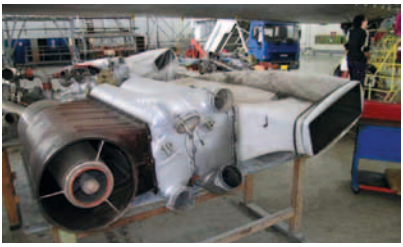


**5.5 pav.** „Airbus A340-300“ tipo lėktuvo kondicionavimo sistemos oro srauto valdiklis.

Pirminiame šilumokaityje oras ataušinamas. Aušinama aplinkos oru, kuris per aušinimo šilumokaitį cirkuliuoja veikiamas dinaminio slėgio. Aušinantis oras iš aplinkos imamas per specialų aerodinaminį ėmiklį.

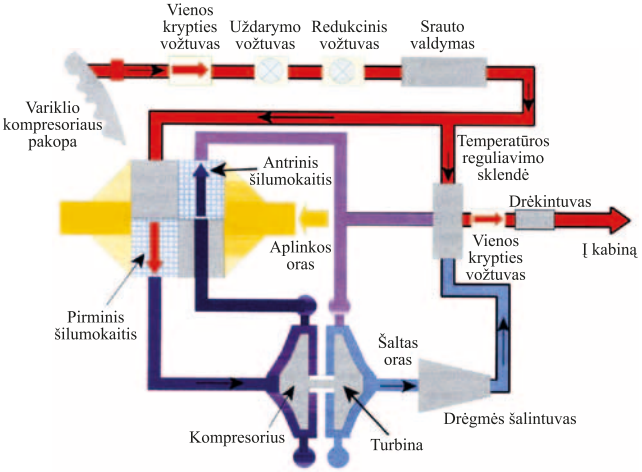
**5.6 pav.** Lėktuvo B737NG oro, imamo kondicionavimo sistemai aušinti šilumokaityje paėmimo angų išdėstymo schema (a) ir oro ėmiklio vaizdas (b).

Ataušintas oras patenka į kompresorių, kuriame jis paslegiamas. Kompresorių suka turbina, varoma to paties suslėgto oro srauto. Pirminį šilumokaitį perėjęs oras atšąla, jo slėgis truputį sumažėja (oro srauto slėgio ir temperatūros pokyčiai tokioje kondicionavimo sistemoje parodyti 9 pav., joje pirminis ir antrinis šilumokaičiai paprastai būna sujungti į vieną bloką).

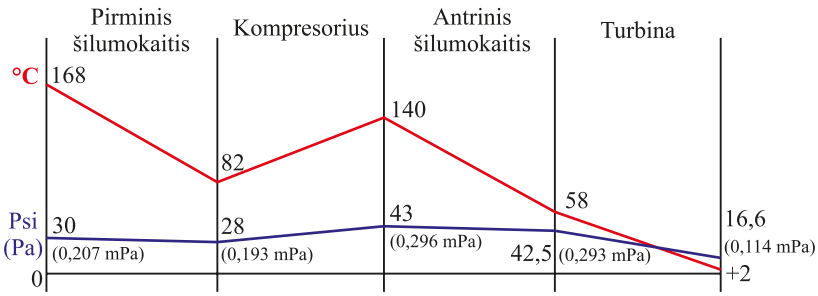


**5.7 pav.** Lėktuvo A340-300 oro kondicionavimo sistemos pirminis ir antrinis šilumokaičiai. Konstrukciniu požiūriu jie sujungti į vieną bloką.

Kompresoriuje paslėgtas oras vėl teka į šilumokaitį. Tik šįkart į antrinį. Jame oras atausta ir vėliau patenka į turbininio šaldytuvo turbiną. Turbinoje šiluminė oro energija paverčiama mechaniniu darbu, kuris panaudojamas kompresoriui sukti. Dėl to smarkiai nukrenta oro temperatūra, sumažėja slėgis.



**5.8 pav.** Vienos fazės ciklo principu veikianti oro kondicionavimo sistema, kai panaudojamas visas turbininį šaldytuvą perėjęs oras.



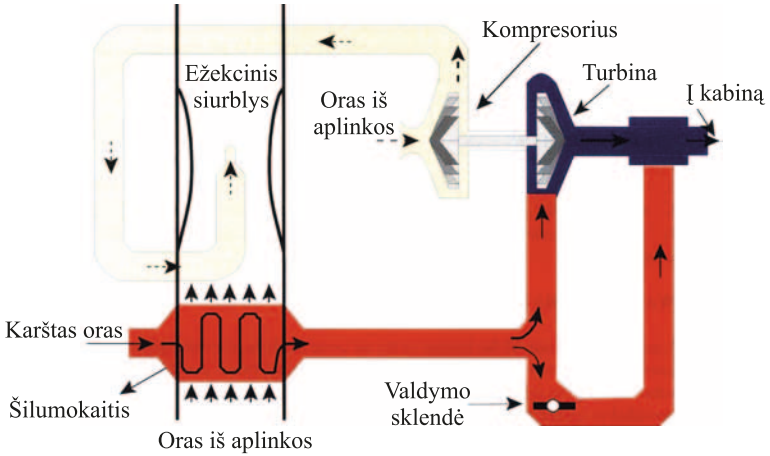

**5.9 pav.** Oro slėgio ir temperatūros pokyčiai, tekant per kondicionavimo sistemą.

Iš turbinoje atšaldyto oro pašalinamas drėgmės perteklius. Sausas oras nukreipiamas į maišytuvą (temperatūros reguliavimo sklendę), kuriame sumaišius su karštu, iš kompresoriaus paimtu, oru, gaunamas reikiamos temperatūros oras.

Pakilus ypač aukštai, oro drėgnumas nedidelis. Toks oras kenkia žmogaus sveikatai (ilgesnį laiką juo pakvėpavus išsausėja gleivinės, oda). Todėl prieš patekdamas į kabiną jis drėkinamas specialiame drėkintuve.

Tai veiksminga, paprasta sistema, pasižyminti aukštu naudingojo veikimo koeficientu. Ji gana tyliai dirba, tačiau prastai veikia lėktuvui stovint, nes tuomet aušinantis aplinkos oras necirkuliuoja per šilumokaitį.

Siekiant pašalinti šį trūkumą, naudojamos vienos fazės kondicionavimo sistemos, kuriose turbininio šaldytuvo kompresoriaus suslėgtas oras panaudojamas aušinančio oro cirkuliacijai per šilumokaitį palaikyti. Tokio tipo sistemos principinė schema parodyta 5.10 pav.




**5.10 pav.** Vienos fazės oro kondicionavimo sistema su ežektoriumi.

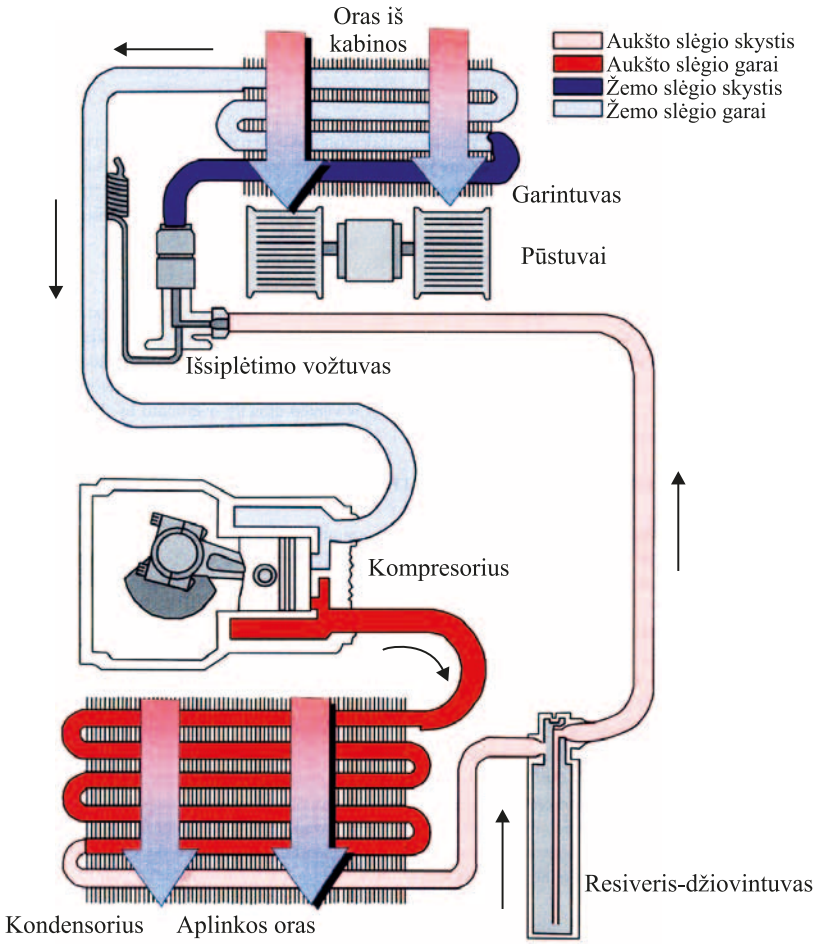
Šio tipo sistema iki šilumokaičio visiškai analogiška prieš tai nagrinėtai sistemai. Skirtumas tik tas, jog į šilumokaitį patenka visas iš kompresorius paimtas oras. Ataušintas, iš šilumokaičio ištekėjęs oras dalijamas į dvi dalis. Viena dalis per valdymo sklendę iškart nukreipiama į maišytuvą. Kita dalis patenka į turbininio šaldytuvo turbiną. Sukdamas turbiną oras netenka daug energijos, krenta jo temperatūra ir slėgis. Iš turbinos ištekėjęs šaltas oras maišytuve maišomas su karštu ir gautas mišinys tiekiamas į kabiną.

Turbininio šaldytuvo turbina suka kompresorių, kuriame suslėgtas oras tiekiamas į ežekcinį siurblį, palaikantį iš aplinkos paimto šalto oro cirkuliaciją per šilumokaitį.

Šio tipo kondicionavimo sistema gerai dirba lėktuvui stovint žemėje, jai nereikalingi dinaminiai oro mikliai. Tačiau jos turbininiam šaldytuvui būdingi dideli sukimosi greičiai, žemesnis naudingojo veikimo koeficientas.

Abi išnagrinėtos sistemos gali dirbti tik tuomet, kai veikia pagrindiniai arba pagalbiniai orlaivio varikliai, nes joms būtinas iš kompresoriaus paimtas suslėgtas oras. Todėl kai kuriuose lėktuvuose montuojamos kondicionavimo sistemos su garintuvais. Jos leidžia iš aplinkos paimtą orą atšaldyti kondensoriaus šilumokaityje. Tai sistemos, kurių

veikimo principas analogiškas automobiliuose naudojamų kondicionavimo sistemų veikimui.




**5.11 pav.** Kondicionieriaus su garintuvu principinė schema.

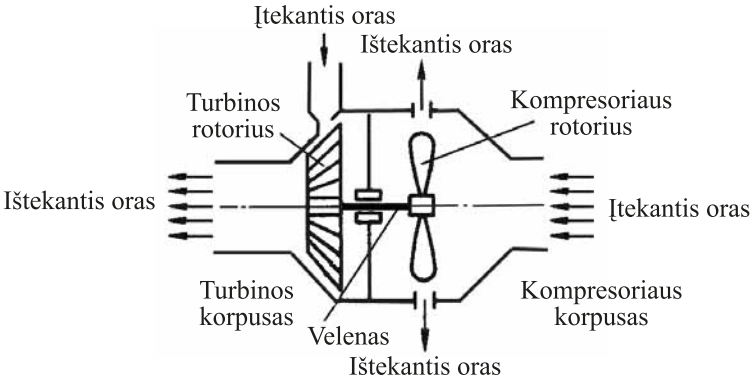
Šiose sistemose iš aplinkos imamas oras šaldomas arba šildomas kompresoriumi pumpuojant šilumą pernešantį skystį. Savo veikimo principu kondicionieriai su garintuvu yra šilumos siurbliai, galintys pernešti šilumą iš šaltesnių kūnų į šiltesnius arba atvirkščiai.

Sistema su garintuvu (5.11 pav.) veikia taip: kompresorius suslegia lengvai garuojantį skystį. Dėl to jis virsta įkaitusiais aukšto slėgio garais. Suslėgti garai patenka į kondensorių, kuriame jie aušinami (tai dažniausiai daroma aplinkos oru). Iš esmės kondensorius yra šilumokaitis, padedantis atiduoti suslėgtų garų šiluminę energiją aplinkai. Atšalę garai virsta suslėgtu skysčiu. Šis skystis per resiverį-džiovintuvą vamzdeliais teka į išsiplėtimo vožtuvą, kuriame per kalibruotą kiaurymę patenka į žemo slėgio zoną. Dėl staigaus slėgio sumažėjimo skystis aušta ir garuoja. Šalti žemo slėgio garai teka garintuvu. Garintuvas apipučiamas oru, paimtu iš kabinos. Šildomas šio oro skystis greitai garuoja ir aušta. Liesdamasis su šaltomis garintuvo sienelėmis kondicionuojamas oras ataušta. Šaltas oras naudojamas kabinai vėsinti. Sistema su garintuvu gali būti panaudojama ne tik kabinos oro temperatūrai sumažinti, bet ir padidinti. Tuomet į kabiną tiekiamas oras aušina kondensorių, o garintuvas šildomas iš aplinkos paimtu oru.

Kabinos oro kondicionavimo sistema labai svarbi, kai orlaivis skrenda itin aukštai. Nuo jos patikimumo gali priklausyti netgi įgulos ir keleivių gyvybės. Todėl paprastai montuojamos bent dvi lygiagrečiai veikiančios oro kondicionavimo sistemos. Kad oras orlaivio kabinoje galėtų būti kondicionuojamas ir neveikiant pagrindiniams varikliams, numatoma, kad orą būtų galima paimti kondicionavimo sistemos reikmėms iš pagalbinės jėgainės kompresoriaus. Šiuo oro paėmimo kanalu galima pasinaudoti ir avariniu atveju varikliams sustojus.

## 5.4. Svarbiausių orlaivių kondicionavimo sistemos elementų konstrukcija ir veikimas

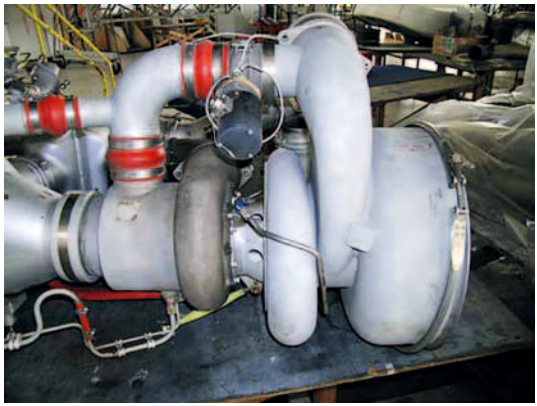
Vienas svarbiausių oro kondicionavimo sistemos elementų – turbininis šaldytuvas. Principinė jo schema parodyta 12 pav. Turbininis šaldytuvas sudarytas iš velenu tiesiogiai sujungtų turbinos ir kompresoriaus. Visa tai sudėta į bendrą korpusą.




**5.12 pav.** Principinė turbininio šaldytuvo schema.

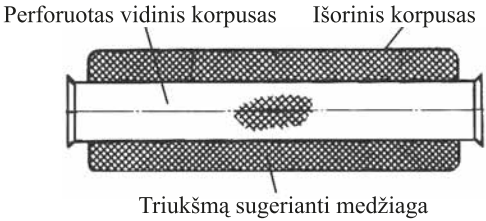
Turbininis šaldytuvas – tai šiluminė mašina, kurios turbinoje šiluminė suslėgto oro energija paverčiama mechaniniu darbu. Mechaninis darbas naudojamas kompresoriui sukti. Kompresoriuje mechaninis darbas paverčiamas suslėgto oro slėgio ir šilumine energija. Perėjęs turbiną suslėgtas oras atiduoda savo energiją. Dėl to jis stipriai atšąla, krenta jo slėgis. Iš kompresoriaus ištekantis oras visuomet yra karštesnis ir labiau suslėgtas. Atsižvelgiant į konstrukcijos bei oro srauto parametrų ypatybes turbininio šaldytuvo rotoriai sukasi 30 000–70 000 aps./min. greičiu.

Turbininis šaldytuvas leidžia lengvai paversti dujų energiją mechaniniu darbu ir atvirkščiai – mechaninį darbą paversti suslėgtų dujų energija. Visi energijos virsmai vyksta su nuostoliais. Be to, mechaniniai nuostoliai susidaro ir pačiame turbininiame šaldytuve. Nuostoliams kompensuoti iš dujų paimama energija. Todėl per turbininį šaldytuvą perėjusių dujų temperatūra krinta.



**5.13 pav.** Lėktuvo A340-300 kondicionavimo sistemos turbininis šaldytuvas.

Oro kondicionavimo sistemos agregatai ir vamzdžiais tekėdamas oras kelia nemažą triukšmą. Triukšmas vargina ir įgulą, ir keleivius. Jis slopinamas specialiais slopintuvais.

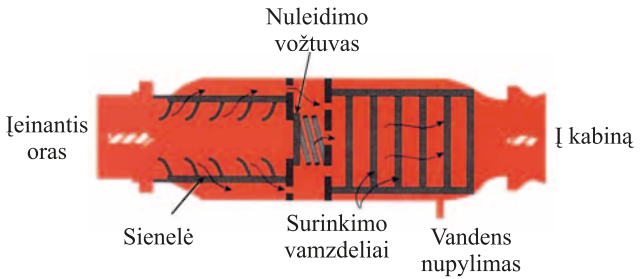



**5.14 pav.** Principinė kondicionavimo sistemos triukšmo slopintuvo schema.

Triukšmo slopintuvas sudarytas iš išorinio ir vidinio korpusų. Tarpas tarp jų pripildytas triukšmą slopinančios medžiagos. Kad slopintuvas gerai veiktų, vidinis korpusas perforuojamas arba gaminamas iš tinklo.

Labai svarbu apsaugoti kondicionavimo sistemą, kad vamzdžiuose nesikauptų pertekliné drėgmė. Itin aukštai ar žemėje veikiamas žemos temperatūros susikaupęs vanduo gali užšalti ir trukdyti cirkuliuoti orui ar net pažeisti sistemos agregatus. Be to, drėgnose vietose lengvai įsiveisia pelėsiai, galintys sukelti alergiją arba net apsinuodijimą.

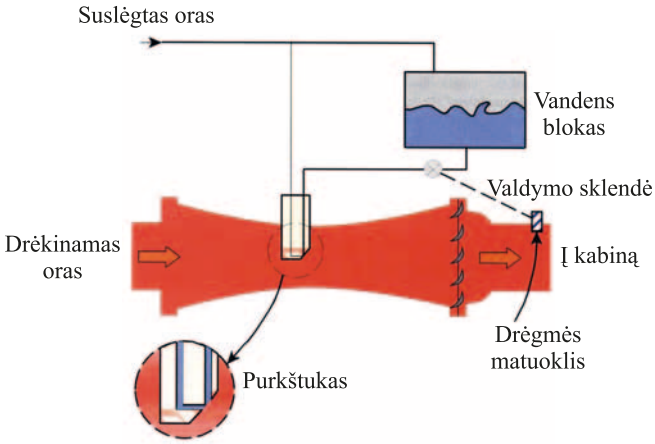
Todėl labai svarbu, kad ten, kur gali kondensuotis drėgmė, nepatektų drėgnas oras. Tam naudojami drėgmės atskyrikliai.




**5.15 pav.** Drėgmės atskyriklio schema.

Į drėgmės atskyriklį patekęs oras priverčiamas judėti spiralės formos trajektorija. Veikiami išcentrinių jėgų, sunkesni už orą drėgmės lašeliai nusėda ant atskyriklio sienelių ir, nutekėję žemyn, per nupylimo vamzdelį pašalinami.

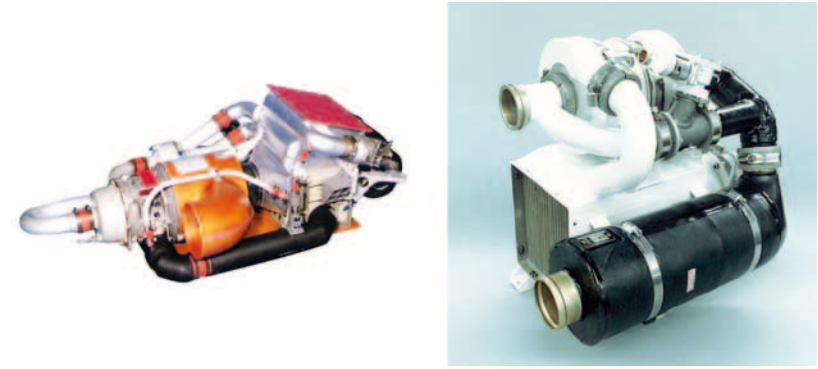
Tačiau per sausas oras labai kenkia žmogui. Ilgiau pabuvus labai sausame ore pradeda ima gleivinės (labiausiai kenčia akys), sausėja oda. Todėl prieš išpučiant kondicionuotą orą į saloną, jis drėkinamas.




**5.16 pav.** Oro drėkintuvas.

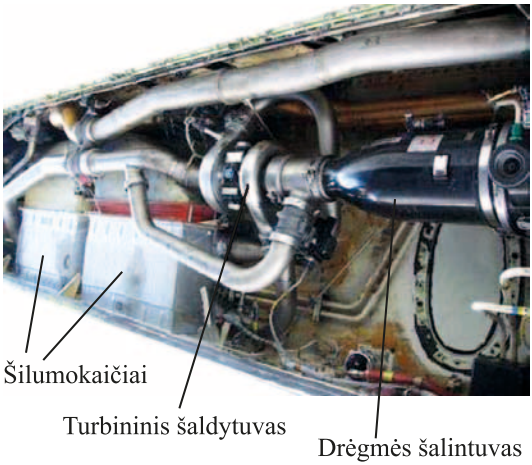
Oro drėkintuvas – tai siaurėjančio ir platėjančio kanalo siauriausioje vietoje sumontuotas vandens purkštukas. Suslėgtas oras stumia vandenį iš bako į purkštuką. Kad būtų išlaikyta reikiama drėgmė, purškimo stiprumas reguliuojamas sklende, valdoma drėgmės matuoklio. Drėkintuvo angoje sumontuotos nukreipiančios plokštelės tolygiau sumaišo orą su išpurkštu vandeniu.

Transportinių civilinių orlaivių oro kondicionavimo sistemų svarbiausi elementai (šilumokaičiai, turbininiai šaldytuvai, drėgmės atskyrikliai) paprastai montuojami viename skyriuje. Taip palengvėja jų priežiūra. Dažniausiai tas skyrius yra liemens apačioje, sparno sujungimo su liemeniu vietoje. Kad būtų galima lengviau prižiūrėti, neretai šie įrenginiai blokuojami į vieną mazgą, vadinamą paketu.



**5.17 pav.** Kondicionavimo sistemų paketai.

Kondicionavimo sistemos paketus reikia periodiškai tikrinti ir prižiūrėti. Todėl jie uždengiami lengvai atidaromais dangčiais.

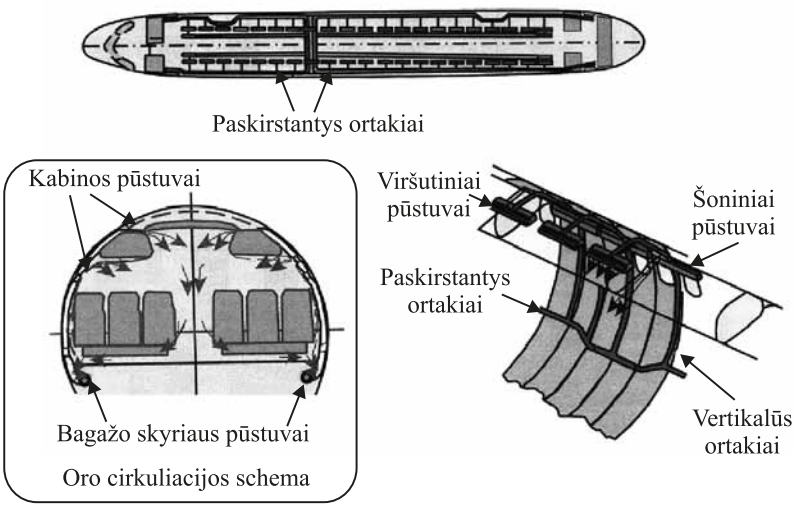



**5.18 pav.** Svarbiausi lėktuvo B737-300 oro kondicionavimo sistemos agregatai. Jie išdėstyti liemens apatinės dalies šonuose, sparno jungimo su liemeniu vietoje.

## 5.5. Kondicionuoto oro paskirstymas ir panaudoto oro pašalinimas

Kai lėktuve yra keletas lygiagrečių kondicionavimo sistemų, kiekviena jų gali būti naudojama tik tam tikrai orlaivio zonai vėdinti, pavyzdžiui, dažnai įgulos kabina ir priekinis salonas kondicionuojami viena sistema, o galinis salonas – kita. Tačiau tuomet būtinai numatoma galimybė persijungti nuo vienos sistemos prie kitos. Santykinai nedideliuose lėktuvuose (B737, A320) visų sistemų kondicionuotas oras tiekiamas į vieną bendrą pagrindinį ortakį, iš kurio paskirstomas į įgulos kabinos, priekinio salono ir galinio salono zonas. Kiekvienoje iš šių zonų temperatūra reguliuojama atskirai, į šaltą orą įmaišant karšto.

Labai svarbu kondicionuotą orą tinkamai paskirstyti po saloną ir veiksmingai pašalinti panaudotą orą. Tuomet stengiamasi, kad netgi įjungus stipraus pūtimo režimą nesusidarytų lokalios zonos su padidėjusio greičio oro srautais (skersvėjai), nes tai gali ne tik sukelti nemalonius pojūčius, bet ir peršalimą ar perkaitimą.




**5.19 pav.** Tipinė keleivinio lėktuvo oro paskirstymo sistemos schema.

Kad keleiviai patogiau jaustųsi, salono bagažo lentynų dugne kiekvienam iš jų sumontuojamas individualus reguliuojamas oro pūstuvas.

Salonui vėdinti panaudotas oras dar vėdina priekinį bei galinį bagažo skyrius ir per išleidimo vožtuvus pašalinamas į lėktuvo išorę.

## 5.6. Kondicionavimo sistemos valdymas

Šiuolaikinių civilinių lėktuvų įgulos sudarytos iš dviejų orlaivį valdančių pilotų ir keleivius aptarnaujančio personalo. Pilotai turi valdyti orlaivį ir kontroliuoti visų jo sistemų darbą. Todėl normaliomis sąlygomis įgula tik nustato norimą palaikyti temperatūrą kiekvienoje zonoje, o kondicionavimo sistema tai turi daryti pati be papildomo reguliavimo.

**5.20 pav.** Lėktuvo B737NG oro kondicionavimo sistemos valdymo pultas.

5.20 pav. parodytas lėktuvo B737NG oro kondicionavimo sistemos valdymo pultas. Jis yra pilotų kabinos lubose esančioje valdymo plokštėje, dešinėje pusėje. Pulto viršuje, kairėje pusėje yra oro temperatūros rodyklė. Jos dešinėje – reguliatorius, kuriuo nustatoma temperatūra kiekvienoje zonoje individualiai. Žemiau yra karšto oro įmaišymo jungiklis. Normaliomis sąlygomis jis laikomas įjungtas ir išjungiamas tik jei automatikai nepavyksta palaikyti pakankamai žemos temperatūros. Trys pilki žemiau esantys reguliatoriai paprastai rodo įjungtą „AUTO“ padėtį. Tai reiškia kad kondicionavimo sistema pati palaikys viršutiniu reguliatoriumi nustatytą temperatūrą. Automatikai sugedus, šiais reguliatoriais galima valdyti į saloną pučiamo oro temperatūrą. Žemiau (šviesiai pilkoje zonoje) išdėstyti oro recirkuliacijos ventiliatorių jungikliai, oro slėgio kondicionavimo sistemoje indikatorius ir kairiojo bei dešiniojo kondicionavimo sistemos paketų jungikliai. Normaliomis sąlygomis jie turi būti nustatyti į „AUTO“ padėtį.

# 6. ORO SLĖGIO KABINOJE REGULIAVIMO SISTEMOS

Civilinio orlaivio su hermetiška kabina keleiviai ir įgula gerai jausis tik tuomet, kai joje bus palaikomas ne mažesnis nei tam tikras iš anksto numatytas slėgis. Moksliniais tyrimais nustatyta, kad sveikas ar turintis santykinai nedidelių sveikatos sutrikimų žmogus nejaučia didelio diskomforto ir gerai jaučiasi, kai slėgis atitinka ne didesnio kaip 3 300 m (10 0584 pėdų) aukščio pagal standartinės atmosferos parametrus. Kadangi būtent absoliutus slėgis turi itin didelę įtaką žmogaus savijautai, šiuo metu priimta, kad aukštai skraidančių civilinių orlaivių hermetiškose kabinose palaikomas slėgis, atitinkantis 8 000 pėdų (2 438 m) aukštį pagal standartinės atmosferos parametrus.

Bet kokio orlaivio, turinčio hermetišką kabiną, kurioje palaikomas didesnis vidinis slėgis nei aplink ją esančio oro slėgis, kabinos konstrukcija veikiama išorinio slėgio apkraunama papildomais krūviais. Kadangi kabinos plotas gali būti gana didelis (keleiviniams lėktuvams), tokias kabinas veikia didelės vidinio slėgio sukeltos įražos. Kad vidinis slėgis mechaniškai nepažeistų kabinos konstrukcijos, yra ribojamas skirtumas tarp vidaus ir išorės slėgių dydžiu, kuris lygus 535 hPa (8,9 psi).

Medicininiais tyrimais nustatyta, kad slėgio pokyčiai gali sukelti nemalonius jausmus, o kai yra didelis slėgio kitimo greitis, – netgi sąmonės praradimą ir mirtį. Skrydžio metu orlaivis kyla, leidžiasi, keičia skrydžio aukštį. Tai jis gali daryti gana dideliu vertikaliu greičiu, sukeliančiu greitus slėgio pokyčius, pavojingus žmogui. Akivaizdu, kad būtina riboti ir slėgio kitimo greitį. Šiuolaikinių civilinių lėktuvų šis greitis turi būti ne didesnis kaip 11 hPa/min. (0,16 psi/min.).

Taigi oro civilinio lėktuvo slėgio kabinoje reguliavimo sistema turi valdyti ir neviršijant reikiamų ribų palaikyti šiuos oro kabinos viduje parametrus:

– žemiausią slėgį, ne mažesnį kaip atitinkantį 8 000 pėdų (2 438 m) aukštį pagal standartinės atmosferos parametrus;
– didžiausią slėgių skirtumą (slėgio perviršį) tarp kabinos vidaus ir išorės slėgių – ne didesnį kaip 535 hPa (8,9 psi);

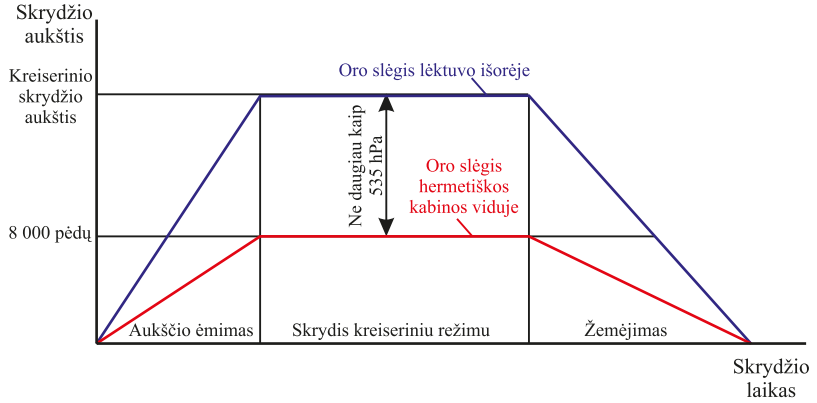
– slėgio kabinoje kitimo greitį, kuris turi būti ne didesnis kaip 11 hPa/min. (0,16 psi/min.).

Lėktuvui kylant ir imant aukštį dideliu vertikaliu greičiu, oro slėgio reguliavimo sistema leidžia slėgiui kabinoje mažėti, kol lėktuvas pasieks 800 pėdų aukštį. Tačiau mažėjimo greitis bus ne didesnis kaip 11 hPa/min., nors lėktuvas ir kiltų vertikaliu greičiu, lemiančiu didesnį aplinkos oro slėgio kitimo greitį. Jeigu lėktuvas pasiekia aukštį, atitinkantį 13 716 m (45 000 pėdų) aukštį pagal standartinės atmosferos parametrus, vidinis slėgis kabinoje jos stiprumo sumetimais imamas mažinti taip, kad vidinio ir išorinio slėgių skirtumas neviršytų 535 hPa (8,9 psi). Lėktuvui skrendant mažesniame nei

13 716 m aukštyje pagal standartinės atmosferos parametrus, sistema hermetiškoje kabinoje palaiko

2 438 m aukštį atitinkantį slėgį. Lėktuvui žemėjant, neatsižvelgiant į žemėjimo greitį, kabinos vidinio slėgio pokytis negali būti didesnis nei 11 hPa/min.

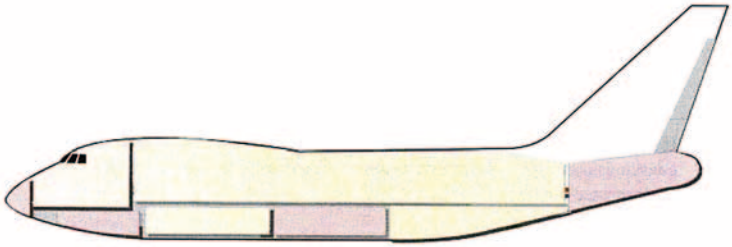
Toks tipinis aplinkos slėgio (mėlyna linija) ir slėgio kabinoje (raudona linija) kitimo grafikas ir parodytas iliustracijoje 6.1 pav.




**6.1 pav.** Civilinio lėktuvo aplinkos slėgio ir slėgio hermetiškoje jo kabinoje kaita tipinio skrydžio metu.

Ne visi lėktuvo skyriai yra hermetiški ir ne visuose slėgis palaikomas pagal programą. 6.2 pav. parodyta civilinio transportinio (ke-

leivinio) lėktuvo schema ir skyriai, kuriuose oro slėgis valdomas, ir skyriai, kuriuose slėgis lygus aplinkos slėgiui.

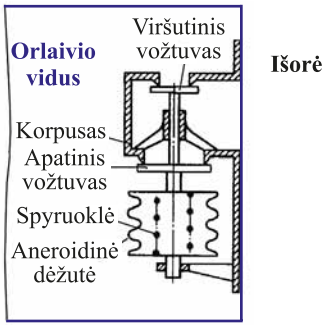


| Slėgis reguliuojamas | Slėgis nereguliuojamas |
|---|---|
| Įgulos kabina bei priekinis ir galinis keleivių salonai.<br>Priekinis ir galinis krovinių skyriai. | Radaro skyrius.<br>Priekinės važiuoklės skyrius.<br>Pagrindinių važiuoklių skyriai.<br>Centrinė sparno dalis (sparno ir liemens sujungimo zona).<br>Uodega (už galinio hermetinio španto). |

**6.2 pav.** Tipiniai civilinio transportinio lėktuvo reguliuojamo ir nereguliuojamo slėgių skyriai.

Iš 6.2 pav. pateiktos iliustracijos matome, kad oras kondicionuojamas ir slėgis palaikomas įgulos kabinoje, keleivių salonuose ir krovinių skyriuose. Tuo tarpu nosyje esantis radaro antenos skyrius, visų važiuoklės atramų skyriai, liemens ir sparno sujungimo zona bei liemens uodega yra nehermetiški. Slėgis juose visuomet lygus orlaivio aplinkos slėgiui.

Išnagrinėsime oro slėgį kabinoje valdančią įrangą. Paprasčiausio, tiesioginio veikimo, absoliutaus slėgio reguliatoriaus schema parodyta 6.3 pav. Šis vožtuvas orlaivio viduje palaiko ne mažesnį nei nustatytas slėgį. Jo jautrusis elementas – hermetiška aneroidinė dėžutė, iš kurios išsiurbta dalis oro. Prie dėžutės iš galo tvirtinami oro išleidimo vožtuvai.



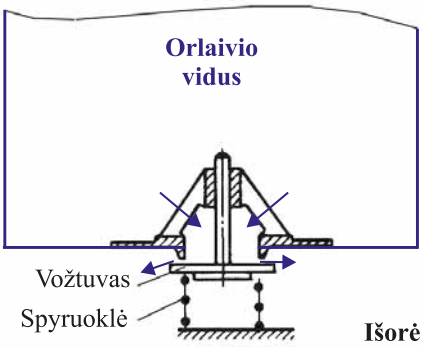

**6.3 pav.** Tiesioginio veikimo slėgio kabinoje reguliatoriaus schema.

Spyruoklė, esanti dėžutės viduje, stengiasi ją išplėsti, o kabinos oro slėgis – suspausti. Reguliatoriaus apatinį vožtuvą kabinos slėgis stengiasi prispausti. Viršutinį vožtuvą tas pats slėgis stengiasi atidaryti. Viršutinio vožtuvo plotas mažesnis nei apatinio. Todėl kuo didesnis slėgių kabinos viduje ir išorėje skirtumas, tuo labiau didėja skirtumas tarp uždarančios ir atidarančios jėgų, taip pat tuo stipriau vožtuvas prispaudžiamas prie korpuso.

Aneroidinė dėžutė reaguoja slėgį kabinos viduje. Kuo didesnis šis slėgis, tuo didesne jėga gniuždoma dėžutė. Pakilęs slėgis viršija pradinio spyruoklės įveržimo jėgą ir dėžutė suspaudžiama. Susispausdama ji atidaro vožtuvus, oras išteka iš kabinos. Slėgiui sumažėjus, spyruoklė nugali dėžutę spaudžiančią jėgą ir uždaro abu vožtuvus.

Toks reguliatorius reaguoja į slėgių kabinoje ir išorėje skirtumą bei absoliutaus slėgio kabinoje dydį. Jis gana paprastas, tačiau linkęs dirbti pulsuodamas. Be to, jis negali valdyti didelio tūrio kabinų slėgio, nes labai padidėtų jo masė ir gabaritai. Todėl šio tipo reguliatoriai naudojami tik nedidelių hermetiškų kabinų slėgiui reguliuoti (pavyzdžiui, kariniuose lėktuvuose) arba kaip avariniai slėgio reguliatoriai. Tokio vožtuvo negalima valdyti, t. y. įgula skrydžio metu negali keisti vožtuvo palaikomo slėgio.

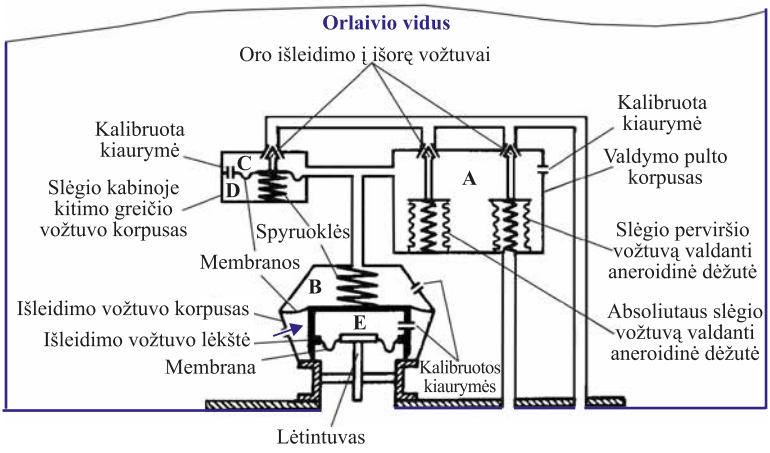
Kad per daug pakilęs slėgis kabinos viduje nepažeistų konstrukcijos, būtina riboti slėgių viduje ir išorėje skirtumą. Tai atlieka apsauginiai išleidimo arba slėgio perviršio vožtuvai. Paprasčiausio apsauginio išleidimo vožtuvo principinė schema parodyta 6.4 pav.




**6.4 pav.** Tiesioginio veikimo apsauginio vožtuvo schema.

Vidinis orlaivio kabinos slėgis stengiasi šį vožtuvą atidaryti, o spyruoklė – uždaryti. Per daug padidėjus slėgių kabinos viduje ir išorėje skirtumui, vidinis slėgis nugali spyruoklės suspaudimo jėgą ir atidaro vožtuvą. Oras iš kabinos išleidžiamas į aplinką. Toks apsauginis vožtuvas turi tokius pat privalumus ir trūkumus kaip ir anksčiau išnagrinėtas tiesioginio veikimo slėgio kabinoje reguliatorius, todėl jis irgi naudojamas tik nedidelių hermetiškų kabinų apsaugai nuo per didelio vidinio slėgio perviršio arba kaip avarinis apsauginis vožtuvas.

Šiuolaikiniuose lėktuvuose kabinos slėgis kontroliuojamas ir valdomas iš įgulos plokštėje esančio pulto, o išleidimo vožtuvai išdėstomi toli nuo jo ir valdomi distanciniu būdu. 6.5 pav. parodyta mechaninio slėgio reguliatoriaus, kurio išleidimo vožtuvas valdomas distanciniu būdu, principinė schema.




**6.5 pav.** Mechaninio slėgio reguliatoriaus, kurio oro išleidimo vožtuvas valdomas distanciniu būdu, schema.

Toks reguliatorius sudarytas iš trijų atskirų blokų: valdymo pulto, slėgio kabinoje kitimo greičio vožtuvo ir oro išleidimo vožtuvo.

Keičiant valdymo pulto aneroidinių dėžučių viduje esančių spyruoklių įveržimą, valdomas visos oro slėgio kabinoje reguliavimo sistemos darbas. Valdymo pulto korpusas hermetiškas, su kabina susisiekiantis tik per kalibruotą kiaurymę. Pulto viduje sumontuotos slėgio perviršio ir absoliutaus slėgio valdymo aneroidinės dėžutės, valdančios atitinkamus vožtuvus. Vožtuvus prispaudžia ir laiko uždarytus dėžučių viduje esančios spyruoklės.

Slėgio kabinos viduje kitimo greičio vožtuvas valdo oro slėgio kabinoje kitimo greitį. Membrana dalija šio vožtuvo korpusą į dvi dalis: C ir D. Tačiau tos dalys tarpusavyje susisiekia per kalibruotą kiaurymę. D dalyje esanti spyruoklė spaudžia išleidimo vožtuvą, laikydama jį uždarytą.

Išleidimo vožtuvo korpuse esanti membrana taip pat dalija jį į dvi dalis. B dalį membrana skiria nuo kabinos atmosferos, tačiau per korpuse esančią kalibruotą kiaurymę ši dalis ribotai susisiekia su kabina. Prie membranos tiesiogiai pritvirtinta išleidimo vožtuvo lėkštė. Pakildama aukštyn ji išleidžia orą iš orlaivio hermetiškos kabinos vidaus į išorę.

Slėgio reguliatorius veikia taip: skrendant nedideliame aukštyje slėgio perviršio dėžutės valdomas vožtuvas uždarytas, o absoliutaus slėgio dėžutės valdomas vožtuvas – praviras. Todėl per kalibruotą valdymo pulto korpuso kiaurymę patenkantis oras išteka į išorę. Valdymo pulto korpuso viduje ir išleidimo vožtuvo B ertmėje slėgis palaikomas toks, kad jam esant išleidimo vožtuvas pradarytas, siekiant užtikrinti reikiamą kabinos ventiliaciją ir palaikant tam tikrą, iš anksto numatytą, slėgį. Slėgiui orlaivio viduje pradėjus kilti, padidės ir slėgis valdymo pulto korpuso viduje A. Padidėjęs slėgis suspaus absoliutaus slėgio aneroidinę dėžutę, jos valdomas vožtuvas atsidarys. Slėgis valdymo pulto korpuso viduje kris. Kadangi išleidimo vožtuvo B ertmė vamzdeliais sujungta su valdymo pulto korpusu, tai kris ir slėgis joje. Membrana su išleidimo vožtuvu lėkšte suspaus jame esančią spyruoklę ir vožtuvas atsidarys išleisdamas orą iš orlaivio vidaus į išorę. Slėgiui orlaivio viduje nukritus, procesas vyks atvirkščia tvarka.

Orlaiviui kylant aukštyn, didėja slėgių orlaivio viduje ir išorėje skirtumas. Jam pasiekus ribinę reikšmę, spyruoklė uždaro absoliutaus slėgio vožtuvą. Į darbą įsijungia slėgio perviršio vožtuvas. Dėl slėgių valdymo pulto korpuso viduje ir slėgio perviršio vožtuvo aneroidinėje dėžutėje skirtumo aneroidinė dėžutė susispaus. Slėgio perviršio vožtuvas atsidarys, slėgis A valdymo pulto korpuso viduje kris. Dėl to kris slėgis ir išleidimo vožtuvo B dalyje. Išleidimo vožtuvas atsidarys sumažindamas slėgių kabinos viduje ir orlaivio išorėje skirtumą.

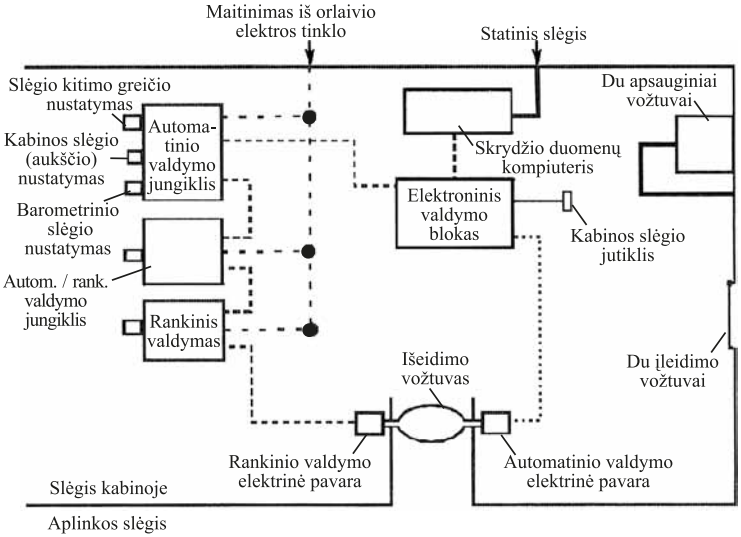
Slėgių skirtumui tarp orlaivio vidaus ir išorės kylant lėtai, slėgio kitimo greičio vožtuvas neveikia, nes per kalibruotą kiaurymę susijungiančiuose jo C ir D tūriuose slėgiai bus vienodi. Slėgiui orlaivio viduje pradėjus kisti per greitai, D ertmėje jis sumažėja, nes kiaurymės pralaidumo neužtenka greitai slėgių kaitai kompensuoti. Membrana nugali spyruoklės įveržimo jėgą ir ją suspaudusi atidaro vožtuvą. Todėl krinta slėgis B išleidimo vožtuvo ertmėje ir išleidimo vožtuvas atsidaro, taip sumažindamas slėgių skirtumo pokyčio greitį. Išleidimo vožtuvo E ertmė neleidžia vožtuvui labai staigiai suveikti, nes ji su vožtuvo korpuso vidumi sujungta kalibruota kiauryme. Apatinėje korpuso dalyse slėgiui nukritus, labai greitai membrana deformuojasi ir neleidžia dideliu greičiu uždaryti išleidimo vožtuvo lėkštės.

Mechaninė oro slėgio kabinoje sistema valdoma iš specialaus įgulos kabinoje esančio pulto. Tame pulte arba šalia jo montuojami šios sistemos darbo parametrus rodantys prietaisai, parodyti 6 pav.

**6.6 pav.** Mechaninės oro slėgio kabinoje sistemos prietaisų pulto pavyzdys.

Atskiri sistemos blokai tarpusavyje sujungiami vamzdeliais.

Šiuolaikiniuose lėktuvuose montuojamos elektroninės skaitmeninės slėgio kabinoje reguliavimo ir valdymo sistemos. Mechaninės sistemos gali būti pritaikomos tik kaip dubliuojančiosios ar avarinės. Elektroninės sistemos blokinė schema parodyta 6.7 pav.



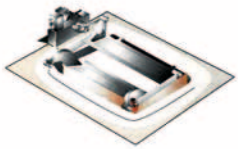

**6.7 pav.** Elektroninės skaitmeninės kabinos slėgio valdymo sistemos blokinė schema.

Valdydamas išleidimo vožtuvo atidarymą ir uždarymą, elektroninis kabinos slėgio valdymo blokas reguliuoja slėgį kabinoje ir jo kitimo greitį. Apsauginis išleidimo vožtuvas saugo nuo per didelio slėgių skirtumo viduje ir išorėje padidėjimo sugedus valdymo sistemai ar klaidingai ją nustačius. Apsauginis įleidimo vožtuvas tais pačiais atvejais saugo nuo per didelio slėgio sumažėjimo avarinio žemėjimo atveju.

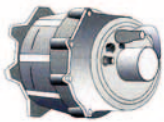
Skrydžio duomenų kompiuteris informaciją apie išorės slėgį ir jo kitimo greitį perduoda elektroniniam kabinos slėgio sistemos valdymo blokui. Pastarasis pagal automatinio valdymo jungiklio numatytus apribojimus ir vidinį kabinos slėgį valdo išleidimo vožtuvo elektrinę pavarą atidarydamas arba uždarydamas šį vožtuvą. Sistema leidžia pasirinkti rankinį valdymo režimą ir reguliatoriais valdyti išleidimo vožtuvo rankinio valdymo elektrinę pavarą. Kaip papildomos apsaugos priemonės visuomet montuojami avariniai mechaniniai apsauginiai ir įleidimo vožtuvai. Jų turi būti po du.

6.8 pav. parodyta, kaip atrodo šiuolaikinių civilinių lėktuvų oro slėgio kabinoje valdymo sistemos vožtuvai.

Apsauginis įleidimo vožtuvas



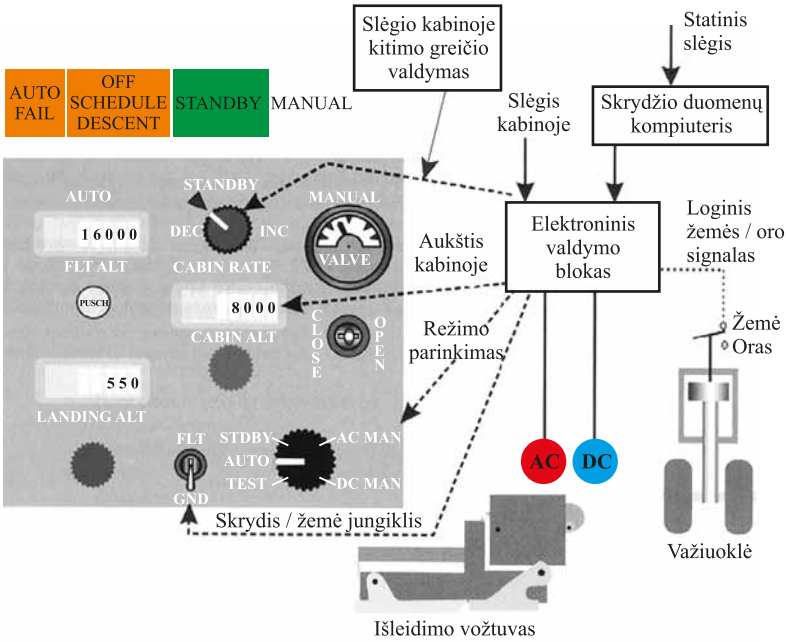
Išleidimo vožtuvas



Apsauginis išleidimo vožtuvas

**6.8 pav.** Kabinos oro slėgio valdymo sistemos vožtuvai.

Tokio tipo sistema montuojama į naujesnių versijų lėktuvus B737. Šios sistemos blokinė schema ir jos ryšys su valdymo pultu parodyti 6.9 pav.




**6.9 pav.** Lėktuvo B737 kabinos slėgio valdymo sistemos principinė schema.

Ji veikia taip pat, kaip prieš tai aprašyta elektroninė skaitmeninė kabinos slėgio valdymo sistema. Įvesta papildoma grandinė automatiškai (pagal važiuoklės atramoje esančio jungiklio komandą) perveda sistemą į žemės režimą.

6.10 pav. parodytas lėktuvo B737-500 oro slėgio sistemos valdymo pultas, esantis ant įgulos kabinos lubų dešinėje pusėje (apatinėje dalyje prie priekinio lango). Centre kairiau esantis prietaisas su didesne skale rodo kabinos slėgį atitinkantį aukštį pėdomis. Apačioje jo esantis mažesnis prietaisas rodo kabinos slėgio kitimo greitį.

**6.10 pav.** Lėktuvo B737-500 oro slėgio sistemos valdymo pultas.

Nuotraukos viršuje dešinėje pusėje baltomis linijomis į keturias dalis suskirstytas kabinos slėgio sistemos valdymo pultas. Šio pulto apačioje dešinėje – jungikliu ir reguliatoriumi valdomas normalus sistemos darbas. Kairėje pusėje esanti pulto dalis skirta automatinio režimo kontrolei ir valdymui. Viduryje – dubliuojančios atsarginės valdymo sistemos kontrolė ir valdymas. Pultelio dešinėje viršuje – rankinis oro išleidimo iš kabinos vožtuvo valdymas (apvalus prietaisas su skale rodo išleidimo vožtuvo padėtį).

**6.11 pav.** Lėktuvo B737 oro išleidimo vožtuvas. Jis yra liemens gale apačioje.

**6.12 pav.** „Airbus A320“ lėktuvuose naudojamos kabinos slėgio reguliavimo sistemos pulto pavyzdys ir šios sistemos valdomi vožtuvai.

Analogiškai veikia ir „Airbus“ tipo lėktuvuose instaliuojamos oro slėgio kabinose reguliavimo sistemos. 6.12 pav. parodytas šio tipo orlaivių kabinos slėgio reguliavimo sistemos valdymo pultas ir prietaisų lentoje esančio vaizduoklio rodmenys, kai jis perjungtas į oro slėgio valdymo sistemos kontrolės būseną.

Iš didesnio slėgio zonos į aplinką per vožtuvus išmetamas drėgnas kabinos oras staigiai besiplėsdamas atšąla. Drėgmė kondensato pavidalu nusėda ant vožtuvo detalių ir užšąla. Kad ledas nesutrikdytų vožtuvų darbo, jie šildomi. Tam dažniausiai naudojami elektriniai šildymo elementai.

# 7. CIVILINIŲ LĖKTUVŲ DEGUONIES SISTEMOS

Jeigu ore, kuriuo kvėpuoja žmogus, trūksta deguonies – prasideda hipoksija. Hipoksija – tai būsena, kai dėl deguonies trūkumo kraujyje sumažėja hemoglobino kiekis. Kai šis sumažėjimas pasiekia tam tikrą kiekvienam žmogui individualią ribą, žmogus netenka sąmonės. Skrendant tai gali įvykti staigiai arba pamažu. Į staigią hipoksiją įgula turi skubiai reaguoti. Lėta hipoksija turi būti signalas imtis prevencinių veiksmų, kad nebūtų prarandama sąmonė.

**7.1 pav.** Keleiviai dedasi avarines deguonies kaukes, iškritusias iš lubose sumontuotų konteinerių.

Tam, kad žmogaus organizmas normaliai veiktų, reikia, kad ore būtų deguonies. Didėjant skrydžio aukščiui, oro slėgis mažėja, dėl to mažėja ir deguonies parcialinis slėgis. Tačiau nepaisant to, kad pakilus į 10 000 pėdų aukštį oro slėgis sumažėja 25 %, hemoglobine ištirpusio deguonies kiekis sumažėja tik aštuoniais procentais (nuo 98 iki 90 %), tai praktiškai neigiamai nepaveikia daugumos žmogaus organizmo funkcijas, išskyrus tai, jog gana akivaizdžiai pablogėja naktinis matymas (iki 30 %). Tačiau kylant dar aukščiau, hemoglobino kiekis kraujyje ima sparčiai mažėti. Svarbiausia, jog mažėjimas vyksta didesniu tempu nei oro slėgio mažėjimas. 20 000 pėdų aukštyje hemoglobino kiekis kraujyje sudaro tik 65 % pradinio kiekio. Tokiame aukštyje žmogus jaučiasi blogai. Bėgant laikui neigiamas poveikis tik stiprėja. Kylant aukštyn, tai dar labiau ryškėja.

1 lentelėje nurodytas laikas, per kurį atitinkamame aukštyje sveikam žmogui pasireiškia juntami hipoksijos požymiai. Jeigu žmogus tuo metu veikiamas fizinio krūvio, šie požymiai pasireiškia greičiau ir stipriau.

**1 lentelė**

| Aukštis (pėdos) | Skrydžio lygis | Slėgis (hpa) | Temperatūra (°C) | Laikas, per kurį pasireiškia hipoksijos požymiai |
|---|---|---|---|---|
| 15 000 | 150 | 571,8 | – 14,7 °C | 30 ir daugiau minučių |
| 18 000 | 180 | | | 20–30 minučių |
| 22 000 | 220 | | | 5–10 minučių |
| 25 000 | 250 | 376,0 | – 34,5 °C | 3–5 minutės |
| 28 000 | 280 | | | 2,5–3 minutės |
| 30 000 | 300 | 300,9 | – 44,4 °C | 1–3 minutės |
| 35 000 | 350 | 238,4 | – 54,2 °C | 30–60 sekundžių |
| 40 000 | 400 | 147,5 | – 56,5 °C | 15–20 sekundžių |
| 45 000 | 450 | | | 9–15 sekundžių |
| 50 000 | 500 | | | 6–9 sekundės |

Hipoksijos požymiai pajuntami daug greičiau, kai slėgis labai staigiai krinta.

Civilinių lėktuvų, kurių skrydžio aukštis didesnis nei 10 000 pėdų, kabinos hermetizuojamos. Jose palaikomas ne mažesnis kaip 8 000 pėdų aukštį pagal standartinę atmosferą atitinkantis slėgis. Hipoksija tokiuose lėktuvuose gali ištikti dėl dviejų priežasčių:

1. Staigaus slėgio kritimo dėl didelio laipsnio dehermetizacijos. Paprastai ji kyla, yrant lėktuvo konstrukcijai.

2. Laipsniško slėgio mažėjimo. To priežastimi gali būti oro slėgio kabinoje palaikymo ir reguliavimos sistemos gedimai, įgulos klaidos valdant šią sistemą, hermetizavimo tarpinių pažeidimai.

Visais atvejais kuo mažesnis kabinos ar keleivių salono tūris, tuo hipoksijos pavojus didesnis, nes, esant mažam kabinos tūriui, dėl oro nuotėkio slėgis joje mažėja greičiau.

Komercinės aviacijos lėktuvuose, kurių skrydžio aukštis didesnis kaip 10 000 pėdų, privaloma hermetiška įgulos ir keleivių kabina. Tokioje kabinoje būtinai turi būti instaliuota deguonies sistema. Kituose civilinės paskirties orlaiviuose deguonies sistemos neprivalomos.

**7.2 pav.** Lėktuve CIRRUS SR-22 sumontuotos deguonies sistemos naudojimas. Šio lėktuvo kabina nehermetiška. Pagal papildomą užsakymą jame galima stacionariai sumontuoti pernešamojo tipo deguonies sistemą su keturiomis kaukėmis.

Civilinio orlaivio deguonies sistemos paskirtis – aprūpinti įgulą ir keleivius kvėpuoti tinkamu deguonimi ar jo mišiniu su oru, išsihermetizavus hermetiškai kabinai, sutrikus kabinos slėgio valdymo sistemos darbui, kilus kabinos slėgio sistemos sutrikimų pavojui ar esant kitoms avarinėmas situacijoms. Deguonies sistema kaip avarinė gali būti naudojama ir nedideliuose lėktuvuose, neturinčiuose hermetiškos kabinos, ar tais atvejais, kai yra tikimybė, kad bus viršytas saugus skrydžio aukštis.

Deguonies sistema aktyvuojama pagal įgulos komandą ar automatiškai (neatsižvelgiant į tai, ar yra numatytas automatinis aktyvavimo režimas). Įgulos deguonies sistema aktyvuojama tik rankiniu režimu.

Civiliniuose orlaiviuose instaliuojamos mobiliosios ir stacionariosios deguonies sistemos. Lengvuosiuose orlaiviuose kartais naudojamos stacionariai įmontuotos mobiliosios deguonies sistemos. Komercinių keleivinių lėktuvų stacionariai įmontuotas sistemas pa-

pildo mobilieji deguonies įrenginiai. Jie reikalingi, kai, kuriam nors keleivių pasijutus blogai būtina duoti papildomai pakvėpuoti deguonies ar gryno deguonies ir oro mišinio. Mobilieji komercinių orlaivių deguonies įrenginiai naudojami ir keleivius aptarnaujantiems įgulos nariams aprūpinti deguonimi, kai jie turi judėti avarijos ištikto orlaivio viduje ar dirbti dūmų prisikaupusiame salone. Atsižvelgiant į tai, kiokio tipo yra mobiliojo (pernešamo) deguonies tiekimo įrenginys, prie jo gali būti prijungta nuo vienos iki keturių deguonies kaukių. Tokiais deguonies įrenginiais privalomai aprūpinami orlaivį valdantys ir keleivius aptarnaujantys įgulos nariai.

## 7.1. Mobilieji deguonies įrenginiai

Tai deguonies įrenginiai, kuriuos įgula gali pernešti lėktuvo viduje ir panaudoti tam tikroje vietoje pagal poreikį. Dalis šių įrenginių leidžia dirbti pilnoje dūmų ar toksinėmis medžiagomis užnuodytoje aplinkoje ir apsaugo nuo žalingo poveikio ne tik kvėpavimo, bet ir regos organus. Tokie mobilieji deguonies įrenginiai vadinami izoliuojančiais. Įgulos nariams (pilotams ir keleivius aptarnaujančiam personalui) privalomi mobilieji deguonies įrenginiai su izoliuojančiomis deguonies kaukėmis.

Taip pat civiliniuose lėktuvuose medicininiais tikslais naudojami pernešami deguonies įrenginiai su burną ir nosį dengiančiomis deguonies kaukėmis (7.3 pav.).

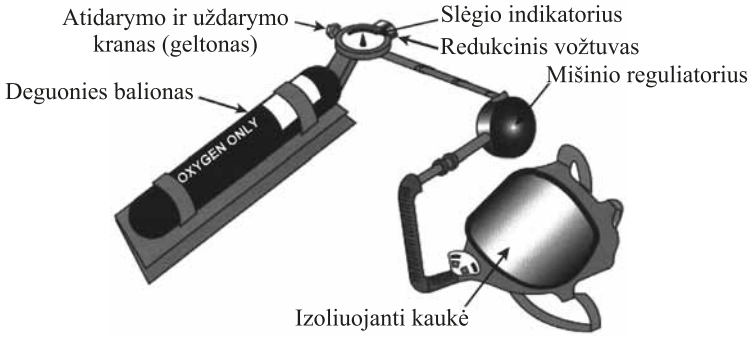
**7.3 pav.** Mobilusis deguonies įrenginys.

Toks įrenginys susideda iš suslėgto deguonies baliono (deguonies slėgis jame apie 12 mPa), slėgio indikatoriaus, krano, redukcinio vožtuvo, jungiančiojo vamzdelio bei deguonies kaukės. Slėgio indikatorius parodo balione esančio deguonies slėgį, leidžiantį spręsti apie deguonies likutį. Atidarius kraną, suslėgtas deguonis patenka į redukcinį vožtuvą, kuris sumažina jo slėgį iki 0,17÷0,7 mPa. (25÷100 psi). Tokio slėgio deguonies dujos lanksčiu vamzdeliu teka į kaukę, iš kurios tiesiogiai įkvepiamos žmogaus. Deguonies kaukė turi vienos krypties vožtuvą, išleidžiantį iškvepiamas dujas į aplinką. Kitas vienos krypties vožtuvas, įleidžiantis deguonį į kaukę, įmontuotas kiaurymėje, per kurią deguonis iš kompensacinio maišelio patenka į kaukę. Kompensacinis maišelis leidžia palaikyti tolygų iš baliono srūvančio deguonies srautą. Jame deguonis kaupiasi tuo metu, kai vyksta iškvėpimas.

Civiliniuose lėktuvuose naudojamos ir mobiliosios izoliuojančios deguonies kaukės (skirtos aptarnaujančiam personalui apsaugoti nuo dūmų, kitų oru plintančių toksinių medžiagų). Šių kaukių turi būti tiek, kiek palydovų ir kito personalo aptarnauja keleivius.

**7.4 pav.** Mobilioji izoliuojanti deguonies kaukė.

Mobiliosios izoliuojančios deguonies kaukės nuo kenksmingo dūmų ar toksinių medžiagų poveikio saugo ne tik kvėpavimo takus ir plaučius, bet ir akis. Tokia kaukė gali būti gobtuvo, uždedamo ant galvos, pavidalo (7.4 pav.) arba įprasta deguonies kaukė kartu su gerai priglundančiais akiniais ar kitokia akių apsaugos priemone.




**7.5 pav.** Mobilusis deguonies įrenginys su izoliuojančia kauke.

7.6 pav. Parodytas mobilusis įgulos deguonies įrenginys su visą veidą izoliuojančia deguonies kauke.

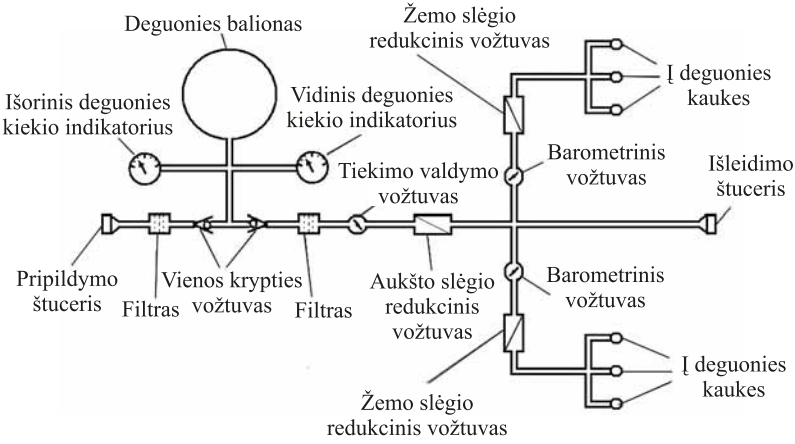
## 7.2. Stacionariosios komercinių orlaivių deguonies sistemos

Tai tokios deguonies sistemos, kurios sumontuotos orlaiviuose ir yra jų struktūrinė dalis. Komerciniuose lėktuvuose naudojamos dvejopos stacionariosios deguonies sistemos: balioninės ir cheminės generacinės. Balionines deguonies tiekimo sistemas turinčių orlaivių deguonies atsargos saugomos balionuose dujų arba skysčių pavidalu. Pačios balioninės sistemos pagal tai, ar kvėpuoti pateikiamas vien pastovus deguonies srautas, ar jis gali būti maišomas su oru kintamomis proporcijomis, dar skirstomos į grynojo deguonies ir kintamojo mišinio sistemas.

Kariniuose lėktuvuose deguonies kaukės naudojamos didžiosios skrydžio dalies metu. Todėl reikalingos nemažos deguonies atsargos. Kovinio baliono pažeidimo atveju suslėgtas deguonis gali tapti gaisro ar sprogimo priežastimi. Todėl šiuolaikiniuose kariniuose lėktuvuo-

se dažniausiai naudojamos specialios deguonies ruošimo sistemos OBOGS (pagal angliško pavadinimo „On Board Oxygen Generating Sustem“ pirmąsias raides). OBOGS sistemose deguonis išgaunamas iš oro filtruojant per molekulinius filtrus. Oras į filtrus tiekiamas iš variklių kompresorių.

Balioninių grynojo deguonies sistemų skiriamasis bruožas yra tas, kad įgulai ir keleiviams kvėpuoti tiekiamas grynas deguonis ir jo srautas nepriklauso nuo to, koks tuo metu kabinoje yra aplinkos oro slėgis. Tokios sistemos gana paprastos, santykinai pigios ir lengvai prižiūrimos. Tačiau kvėpuoti tiekiamas tik grynas deguonis, o jo kiekis pastovus. Dėl to šio tipo sistemose deguonis panaudojamas netaupiai, būtinos didesnės avarinės deguonies atsargos. Tokio tipo sistemos principinė schema parodyta 6 pav. Suslėgtas ar skystas deguonis saugomos balione. Slėgis balione priklauso nuo lėktuvo deguonies sistemos tipo ir gali būti nuo 12 mPa iki 20 mPa. Sistema įjungiama atidarant tiekimo valdymo vožtuvą. Iš jo deguonis patenka į redukcinį vožtuvą Jei balionai pripildomi 20 mPa slėgio deguonies, sistemoje naudojami aukšto ir žemo slėgio redukciniai vožtuvai. Aukšto slėgio redukcinis vožtuvas tiekiamo deguonies slėgį sumažina iki 10–12 mPa, o žemo slėgio redukcinis vožtuvas – iki kvėpavimui tinkamo 0,17÷0,7 mPa slėgio.

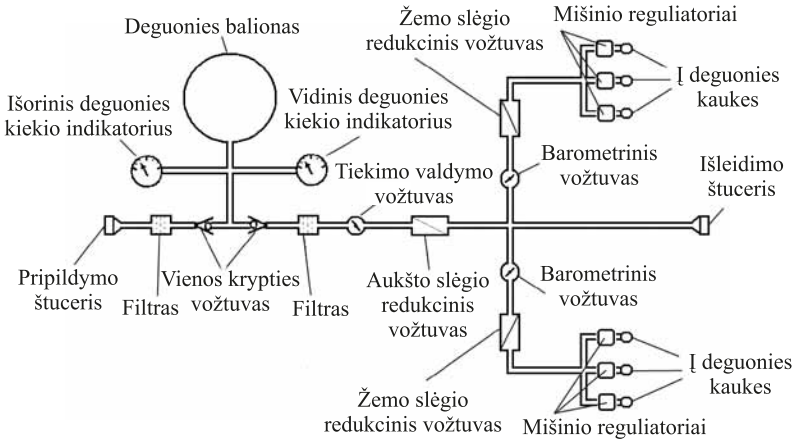



**7.6 pav.** Balioninės grynojo deguonies sistemos principinė schema.

Barometrinis vožtuvas reguliuoja į kaukes tiekiamo deguonies kiekį atsižvelgiant į aplinkos slėgį. Kuo žemesnis aplinkos slėgis, tuo daugiau deguonies per barometrinį vožtuvą praleidžama į kaukes. Sistemoje sumontuoti filtrai saugo ją nuo galimos taršos pildymo metu ir neleidžia teršalams patekti į kaukes. Tokiai sistemai būtina numatyti pripildymo ir išleidimo štucerius bei slėgio (deguonies kiekio) matavimo indikatorius. Pastarieji dažniausiai būna du: vienas orlaivio viduje (jis padeda įgulai kontroliuoti sistemos pripildymą) ir išorėje (šis indikatorius montuojamas šalia pripildymo štucerio ir leidžia kontroliuoti sistemos pripildymo procesą).

Balioninėje grynojo deguonies sistemoje deguonis naudojamas netikslingai, nes kvėpuoti nuolat teikiamas grynas deguonis. Todėl, taupant lėktuve esančias ribotas deguonies atsargas, naudingiau į kvėpavimo kaukes tiekti deguonies ir oro mišinį. Tačiau tokiu atveju mišinio proporcijos turi priklausyti nuo aplinkos slėgio. Mažėjant slėgiui, didinamas santykinis deguonies kiekis mišinyje. Sistemos, kuriose kvėpuoti tiekiamas deguonies ir oro mišinys, vadinamos kintamojo mišinio sistemomis.

Kintamojo mišinio balioninės deguonies sistemos principinė schema ir veikimas analogiški grynojo deguonies sistemos principinei schemai bei veikimui. Skirtumas tik tas, kad prieš deguonies kaukes šio tipo sistemose montuojami mišinio reguliatoriai.



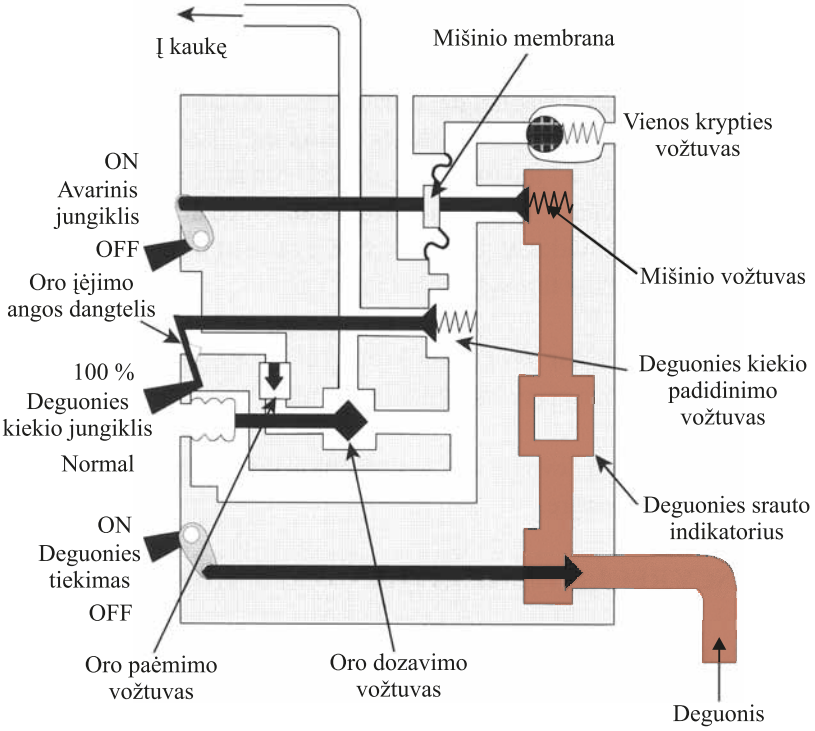

**7.7 pav.** Balioninės kintamojo mišinio deguonies sistemos principinė schema.

Mišinio reguliatoriaus principinė schema parodyta 7.9 pav. Į reguliatorių vamzdeliu tiekiamas grynas deguonis. Oras maišyti paimamas per kairėje pusėje pavaizduotą oro įėjimo angą. Deguonies tiekimą galima sustabdyti deguonies tiekimo valdymo jungiklio svirtelę nustačius į padėtį „OFF“.Tuomet ji uždaro tiekimo vožtuvą. Deguonies srauto indikatorius rodo, ar deguonis teka per prietaisą. Reguliatoriaus oro dozavimo vožtuvas valdo oro ir deguonies mišinio sudarymo proporciją. Mažėjant aplinkos slėgiui, aneroidinė dėžutė, valdanti oro dozavimo vožtuvą, traukiasi. Todėl vožtuvas mažina paimamo oro kiekį ir didina deguonies kiekį. Taigi mišinyje deguonies daugėja. Mišinio vožtuvas sujungtas su membrana tiesiogiai. Todėl, prietaise pakilus deguonies slėgiui, vožtuvas prisiveria, taip sumažindamas deguonies tiekimą. Avariniu atveju, avarinį jungiklį nustačius į „ON“ padėtį, vožtuvas visiškai atidaromas. Deguonies kiekio jungiklis leidžia persijungti į kvėpavimą grynu deguonimi. Tam jungiklis nustatomas į 100 % padėtį. Dėl to dangteliu uždengiama oro įėjimo anga ir atidaromas deguonies kiekio padidinimo vožtuvas. Deguonis į kaukę patenka tiesiogiai aplenkdamas oro dozavimo vožtuvą. Taigi netgi esant dideliam aplinkos slėgiui ir oro dozavimo vožtuvui visiškai uždarius deguonies tiekimą, į kaukę tekės grynas deguonis.

**7.8 pav.** Vienas iš galimų deguonies ir oro mišinio reguliatorių variantų.

Normaliai dirbant sistemai, avarinis jungiklis turi būti nustatytas į padėtį „OFF“. Deguonies kiekio jungiklio svirtelė nustatoma į padėtį „NORMAL“, o deguonies tiekimo jungiklio svirtelė – į padėtį „ON“.

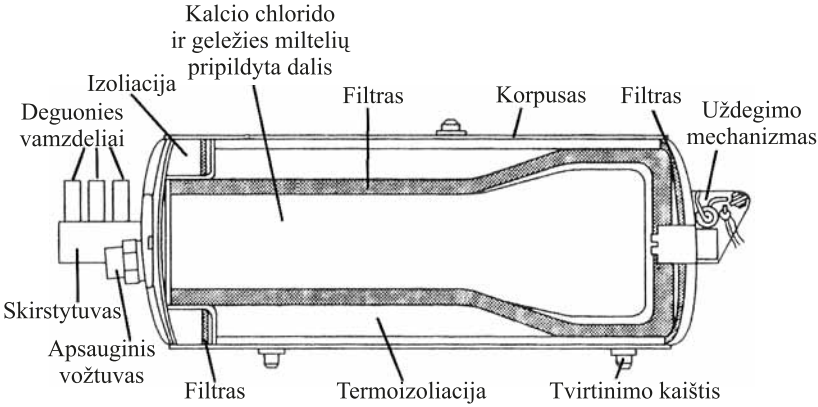
Tuomet reguliatorius teikia oro ir deguonies mišinį, kuriame deguonies kiekis didėja, krintant slėgiui kabinoje, ir atvirkščiai – kabinoje kylant slėgiui, mišinyje esančio deguonies santykinis kiekis mažėja. Taip taupiau naudojamas deguonis, į kaukę tiekiamas žmogaus organizmui priimtinesnis kvėpavimo mišinys.




**7.9 pav.** Aviacinio deguonies ir oro mišinio reguliatoriaus principinė schema.

Pastaruoju metu civiliniuose orlaiviuose avariniam keleivių aprūpinimui deguonimi vis plačiau naudojamos cheminės generacinės stacionariosios deguonies sistemos. Tokiose sistemose deguonis ruošiamas cheminiuose generatoriuose. Tai paprastas ir gana patikimas būdas gauti deguonį, todėl nereikia nuolat papildyti balionų. Generatorius gamina deguonį vienam ar keliems konkretiems varto-

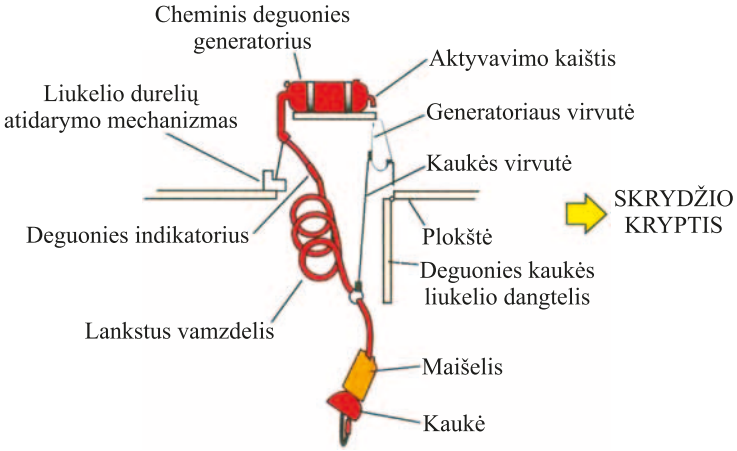
tojams, todėl nebūtina vamzdynais sujungta viso lėktuvo deguonies sistema. Tačiau deguonies generatoriai turi būti periodiškai tikrinami ir keičiami. Be to, generatoriai yra vienkartinio naudojimo. Kartą panaudotus juos būtina keisti.




**7.10 pav.** Cheminio deguonies generatoriaus pjūvis.

Deguonis išsiskiria tarpusavyje reaguojant kalcio chloridui ir geležiai, kurių pripildytas generatorius. Kad vyktų cheminė reakcija, būtina aukšta temperatūra. Deguonies generatorius aktyvuojamas terminio uždegimo mechanizmu. Vėliau, vykstant reakcijai, išsiskiria šiluma, kuri ir palaiko deguonies gamybą. Aktyvuotas generatorius įkaista iki 232 $^{o}$C, todėl, netinkamai naudojant, jis potencialiai gali būti terminių traumų šaltinis. Gaunamo deguonies slėgis – apie 0,068 mPa (10 psi). Apsauginis generatoriaus vožtuvas atsidaro, jei jo viduje slėgis pakyla iki 0,34 mPa (50 psi). Cheminis generatorius savo savybes išlaiko 10 metų. Vėliau jis turi būti keičiamas nauju.

Cheminė generacinė deguonies tiekimo sistema iš esmės sudaryta iš daugelio individualių (ar skirtų keletui vartotojų) deguonies sistemų. Kiekviena sistema sudaryta iš generatoriaus, kaukės ir aktyvavimo mechanizmo. Kad sitema nebūtų naudojama be reikalo, ji paprastai būna supakuota specialiame skyriuje. Vienas iš variantų: generatorius ir kaukės sudėtos virš keleivių krėslų esančio bagažo skyriaus grindelių ertmėje.




**7.11 pav.** Sistemos su išmetamąja deguonies kauke schema.

Tam, kad būtų galima aktyvuoti cheminį deguonies generatorių, reikia 0,14 0,56 N jėga patraukti kaukės virvutę. Ji gali būti patraukiama prisitraukiant kaukę prie veido (pavyzdžiui, lėktuvuose L-1011) ar atskirai patraukus prie lankstaus deguonies tiekimo vamzdelio pritvirtintą virvutę (taip aktyvuojami „Boeing“ tipo lėktuvų deguonies generatoriai). Pirmasis variantas paprastesnis keleiviams, bet mažiau apsaugotas nuo atsitiktinės įgulos klaidos, nes įgulai per klaidą įjungus avarinę deguonies sistemą, kaukes užsidėję keleiviai automatiškai aktyvuos cheminius deguonies generatorius. Patraukus kaukės virvutę, ištraukiamas spyruoklinio aktyvavimo mechanizmo apsauginis kaištis, suveikia uždegimo mechanizmas

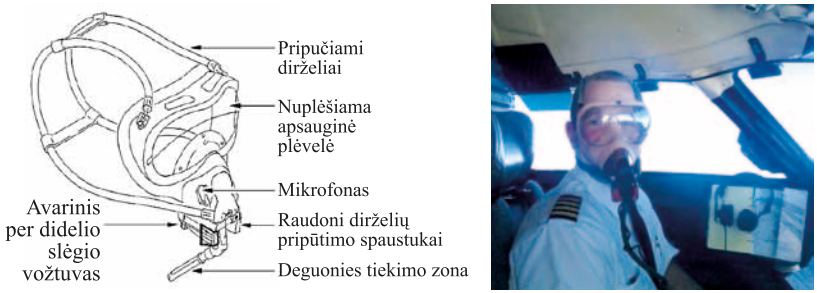
Deguonies kaukės daugumoje lėktuvų automatiškai išmetamos, kai slėgis salone sumažėja iki atitinkančio 14 000 pėdų (apie 4 260 m) aukštį ir aplinkos slėgiui esant dar mažesniam arba įgulai aktyvavus specialų jungiklį. Sertifikaciniais reikalavimais komercinio lėktuvo deguonies kaukių išmetimas neapibrėžtas kaip privalomas. Todėl pagal įgulos žodinę ar šviesos komandą jos gali būti paimamos iš specialių lengvai kiekvienam keleiviui prieinamų vietų ir prijungiamos prie aktyvuotos deguonies sistemos pagal nesudėtingą scenarijų (du trys veiksmai). Vis dėlto, įvertinus naudojimo paprastumą, naujausių

modelių keleiviniuose lėktuvuose dažniausiai montuojamos būtent iš lubose esančio konteinerio išmetamos avarinės deguonies kaukės.

**7.12 pav.** Keleivinio lėktuvo stiuardesė instruktuoja keleivius, kaip naudotis deguonies kauke.

Yra keleivinių lėktuvų, kurių deguonies kaukės sudėtos krėslų atkaltėse esančiuose konteineriuose, po krėslais ir lubose įrengtose saugojimo vietose. Svarbiausia, kad norėdamas pasinaudoti deguonies kauke mažai su tuo supažindintas keleivis galėtų pats, be pašalinės pagalbos tai greitai padaryti.

Įgulos nariams (pilotams) turi būti numatytos visiškai izoliuojančios deguonies kaukės (su apsauga nuo dūmų). Šios kaukės turi netrukdyti įgulai valdyti orlaivio ir palaikyti radijo ryšio, esant išsihermetinusiai ar (ir) prirūkusiai dūmų įgulos kabinai. Jų panaudojimo procedūros aprašomos lėktuvo naudojimo vadove. Paprastai įgula deguonimi aprūpinama naudojant balionines deguonies sistemas.




A B

**7.13 pav.** „Airbus“ tipo lėktuvų įgulos nario deguonies kaukės A schema ir įgulos narys su tokia kauke B.

Įgulos kaukė (13 pav. A) turi pripučiamus dirželius. Pirštais suspaudus dirželių pripūtimo spaustukus, dirželiai pripildomi suslėgto oro ir išsipučia, sudarydami pakankamai standžią erdvinę sistemą. Todėl kaukę lengva viena ranka ir vienu judesiu užsidėti ant galvos. Atleidus spaustukus, oras iš dirželių išteka ir kaukė patikimai guminiais dirželiais prispaudžiama prie veido. Mikrofonas leidžia palaikyti radijo ryšį, o nuplėšiama apsauginė plėvelė saugo akinius nuo taršos. Jei ant akinių nusėda sluoksnis suodžių, dulkių ar skysčio purslų, užtenka nuplėšti vieną plėvelės sluoksnį ir akiniai vėl tampa švarūs.

Įgulos deguonies kaukės saugomos specialiuose, lengvai pasiekiamuose konteineriuose.

**7.14 pav.** Supakuota „Airbus“ tipo lėktuvuose naudojama įgulos nario deguonies kaukė.

7.14 pav. parodyta supakuota „Airbus“ tipo lėktuvuose naudojama įgulos nario deguonies kaukė. Kaukė vienu judesiu išimama iš konteinerio.

## LITERATŪRA


*Aircraft Mechanics Handbook*. FAI. 350 p.

Crane, D. 2009. *Airframe Volume 1: Structures*. Third edition; Newcastle, Washington: Aviation Supplies & Academics, Inc. 490 p.

Dingle, T.; Tooley, M. 2007. *Aircraft Engineering Principles*. Elsevier Ltd. 635 p.

Ernsting, J. 1988. *Aviation Medicine*, 2nd edition. London: Butterworths. 394 p.

Green, W. L. 1985. *Aircraft Hydraulic Systems: An Introduction to the Analysis of Systems and Components*. John Wiley & Sons Ltd. 463 p.

Kroes, M. 1993. *Aircraft Systems and Components. Aircraft Maitenance.* William Watkins, Frank Delp. 650 p.

Moir, I.; Seabridge A. 2008. *Aircraft systems*. John Wiley & Sons. 536 p.

Neese, William A. 1991. *Aircraft Hydraulic Systems*. Krieger Publishing. 275 p.

Raymond, C. 2006. *Fundamentals of Aviation Law*. The McGraw-Hill Companies, Inc. 325 p.

Torenbeek, E. 1985. *Synthesis of Subsonic Airplane Design.* Rotterdam: Delft University Press. 599 p.

Žiliukas, A. 2007. *Orlaivių konstrukcijų mechanika*. Vilnius: Technika. 300 p.