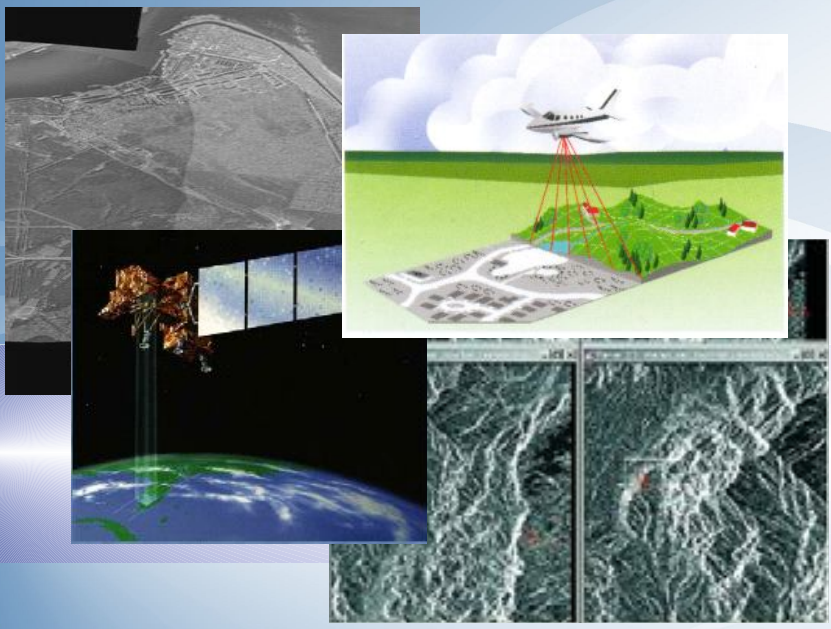
РЫСБЕКОВ Қ.Б.



АЭРОФОТОТҮСІРІСТІҢ ЖАЛПЫ НЕГІЗДЕРІ

Оқу құралы

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті

Қ.Б. РЫСБЕКОВ

АЭРОФОТОТҮСІРІСТІҢ ЖАЛПЫ НЕГІЗДЕРІ

Оқу құралы

Алматы 2008

УДК 778.35
ББК 26.12. я 73

Р 94 Рысбеков Қ.Б. Аэрофототүсірістің жалпы негіздері. Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2008. – 114 бет.

ISBN 9965-843-89-9

Оқу құралында түрлі техникалық - құрал жабдықтармен аэрофототүсіріс жұмыстарын жүргізудің теориялық және практикалық негіздері мен аэрофототүсіріс жұмыстарын техникалық жобалау мен құрал-жабдықтар және аспаптар кешенінің теориялық негіздері берілген. Сонымен қатар аэрофототүсіріс жұмыстарын жүргізу кезіндегі картографиялық - геодезиялық өндірістерде жүргізілетін әр түрлі аэрофототүсіріс жұмыстарының технологиялық процестерінің ерекшеліктері ұсынылып отыр.

Оқу құралы «Аэрофототүсіріс» пәні бойынша «050711 – Геодезия және картография» - мамандығының студенттеріне зертханалық жұмыстарды орындауға арналған.

Сурет-42. Кесте – 16. Әдебиет атауы – 10

ББК 26.12. я 73

Пікір жазғандар: ҚБТУ профессоры, т.ғ.д. *Т. Қалыбеков*;
Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ доценті, г.ғ.к., *Р.Т.Бексейтова;*
Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ профессоры, т.ғ.д., «Экология» ҚҒА академигі, Ресей тау-кен Академиясының академигі *М.Б. Нұрпейісова*

Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігінің 2007 жылғы жоспары бойынша басылады.

ISBN 9965-843-89-9

© Рысбеков Қ.Б.
©ҚазҰТУ, 2008

КІРІСПЕ

Аэрофототүсіріс – ұшақтан жер бетін түсіретін процесс. Аэрофототүсірістің жүргізу жағдайы метеорологиялық жағдайға және аэрофототүсіріс құрал-жабдықтарына, техникалық талаптарға байланысты жүргізіледі.

Бұл пәннің мақсаты аэрофототүсіріс жұмыстарын жүргізу және ұйымдастыру, практикалық және теориялық негіздерді біліп - тану болып саналады. Сонымен қатар аэрофототүсіріс құрал-жабдықтарына пайдалану және зерттеу жүргізіледі. Аэрофототүсіріс материалдары геодезиялық, геологиялық, экологиялық, карта жасауда, инженерлік ізденіс зерттеулерінде және т.б. қолданылады.

Еліміздің табиғи ресурстарын игеру, топографиялық және арнайы карта жасау, жобалық – ізденіс жұмыстарын жүргізу, қоршаған ортаның жағдайын оқып - білу кезіндегі аэрофототүсіріс және басқа да аэроәдістер негізі, деректер және ақпараттарды жинаудың ең тиімді құрал-жабдықтары болып табылады.

БҰҰ ұйымының мәліметтері бойынша аэрофототүсіріспен құрлықтың 90 %, -ы, Дүниежүзілік мұхиттық қайраң зонасының 5%, түсірілген (1978 жылғы мәлімет). Қазіргі кезде 1:25000 масштабта топографиялық карта құрылады. Олардың мерзімдік жаңартылуы аэрофототүсіріс материалдары бойынша жүргізіледі.

Ірі желілі обьект құрылысы кезінде аэрофототүсіріс әдістерін қолдана отырып, жолдар, ЛЭП, мұнай және газ құбырлары, каналдар, география саласындағы әр түрлі іздеу жұмыстары, гидрогеология жұмыстары, мұхитты зерттеу саласы және т. б. бойынша жобалық-іздеу жұмыстары жүргізіледі.

Бұл оқу құралын курстық жоба және зертханалық жұмыстарды орындау мақсатында пайдалануға болады.

Осы оқу құралын жазу барысында кеңес беріп жөн сілтеген техн. ғылым. канд., профессор Хан В.А. алғыс айтамын.

1. ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТ

1.1. Аэрофототүсірістің даму тарихы

Аэрофототүсірістің даму тарихы азаматтық авиацияның дамуымен тікелей байланысты.

Аэрофототүсірістің құрылуына және дамуына 3 негізгі фактор әсер етті:

1) жобалау-ізденіс жұмыстарын жүргізу, жер бетін картаға түсіру, жердің табиғи ресурстарын оқумен байланысты, халық шаруашылық салаларының дамуы;

2) авиациялық және ғарыштық техниканың, яғни, аэрофототүсірісті жүргізетін ұшақ аппаратының дамуы.

3) фотографиялық комплекстердің дамуы және жаңаруы: Аэрофототүсірістің құрал-жабдықтары, фотожабдықтары, фото- зертханалық жабдықтары, фотограмметриялық құрал-жабдықтары.

1855 жылы әуеде суретке түсіруде француз фотографы Феликс Нота ең алғаш сынақ жүргізді, ол үшін әуе шарын және ылғалды колоидты процесті қолданды. Аэрофототүсіріс (АФТ) алғаш әскери және барлау мақсатында қолданылған. Ұшақ аппараттары, әуе шарлары, аэростаттар мен ұшақтарды, ең бірінші әскери мамандары игерді. Сондықтан Ресейде аэрофототүсірістің дамуымен әскери мамандар айналысты. Батыс Еуропада АФТ-пен негізінен әуесқой адамдар айналысты. 1886 жылы 18 мамырда бірінші әуеден суретке түсіру іске асырылды. Жергілікті жердің планын құруға (фототүсірістер бойынша) полковник В.Т.Найденов үлкен үлесін қосқан. 1925 - 1930 ж.ж. АФТ және фотограмметрияның құрылуының бастапқы мерзімі болды. Бұл кезде шетел фирмаларының ұшақтары, яғни “Фарман”, “Дорнье”, “Юнкерс”, “Меркурий”, “Цейсс” аэрофотоаппараттары қолданылды. Осы кезден бастап Мәскеу геодезиялық институтында АФГ бойынша мамандар дайындала бастайды. 1962 ж ГОСНИИГА ұсынған Ил-14 модификациялы ұшағы пайдаланылды. ГОСНИИГА-ның техникалық талаптары бойынша Ан-24 ұшағының негізінде 1974 ж. алғашқы рет аэротүсіріске арналған Ан-30 ұшағы пайдалануға берілді.

1. 2. Аэрофототүсіріс жұмыстарын ұйымдастыру

Қазіргі кезде аэрофототүсіріс ТМД аумағында арнайы мемлекеттік, азаматтық, авиация кәсіпорындарында жүргізіледі. АФТ жұмыстарын жүргізу үшін мынадай АФТ құралдарының техникалық кешендері қажет. Оларға:

1. АФТ мақсаты үшін қайта өңделген және арнайы құрылған әуе кемелері.

2. АФТ құралдары: АФА (камера, жетекші пульт, командалық аспап), гироплатформалар, АФУС немесе ілмелі құралдар; арнайы аспаптар – радиобиіктік өлшеуіштер, статаскоп; фоторегистраторлар.

3. Аэрофильмдерді фотохимиялық өңдеу және фото өнімдерді дайындауға (суретті шығару машиналары немесе позитивті репродукциялық аспаптарды дайындауға арналған машиналар, күміс қалдығын жинауға арналған құралдар, негативті және позитивті фотоматериалдарға арналған құрғату материалдары, фотоматериалдарды жууға арналған құралдар, өнімнің сапасын сенситометриялық бақылау аспаптары) арналған фотолабораториялық құралдар.

4. МЕСТ талаптарымен АФТ материалдарының сапасына қатысты бақылау жүргізуге арналған фотограмметриялық құрал-жабдықтар.

5. Фотоқұрал-жабдықтар (аэрофотопленкалар, фотоқағаздар, фотохимикаттар). Барлық АФТ жұмыстары бүкіл техникалық кезеңдерге регламенттік құжаттар, нұсқаулары МЕСТ-қа қатысты орындалады.

Аэрофототүсіріс (АФТ) жұмыстарының ұйымдастыру сұлбасы

Объектіге аэрофототүсіріс жұмыстарын жүргізу үшін:

1. Тұтынушы орындаушыға тапсырыс береді, оған:

а) АФТ жұмыстарын жүргізуге қажетті мемлекеттік орындардан рұқсат алынады. Рұқсат алу тәртібі СТГМ нұсқауы бойынша құрылады;

б) 1:100000 масштабта жасалған топографиялық картада және одан да үлкен масштабтардағы объектінің картограммасы немесе объектінің шегі;

в) АФТ масштабы және құрылатын карта немесе план (АФТ-тің мақсаты);

г) түрі және АФА-ның фокустық қашықтығы, кадр форматы, пленканың түрі;

д) арнайы аспаптарды қолдану қажеттілігі;

е) жергілікті жұмыс істеу алаңының жағдайы;

ж) жұмыстың күнтізбелік мерзімі;

з) қосалқы жағдайлар (қосалқы АФА, P_x, P_y, маршруттар бағыты және т.б.);

2. Обьектінің АФТ-іне техникалық жоба құру:

- фотоматериалдың қажеттілігін есептеу;
- обьектіге жаз мезгіліндегі сағатты есептеу;
- АФТ-тың техникалық параметрлерін есептеу;

3. “Тапсырыс беруші” мен “авиация” арасындағы орындалатын келісім мынадай мәселелерді қарастырады:

АФТ-тың техникалық жағдайы; жұмыстың құны; екі жақтың жауапкершілігі және басқа да келісімнің стандарттық мәселелері;

4. АФТ жүргізетін ұшақтың құрал-жабдығы, аппаратураны ұшақта қолдану кезінде: АФТ құрал-жабдығын (әскери) әуе кемесіндегі ұшаққа орнату; әуеде ұшу кезінде материалдардың сапасын тексеру .

5. АФТ-ті кәсіпорын саласында қолдану: ұшу жоспарын ұсыну; ұшу алдындағы дайындық; АФТ жұмыстарын ұшу кезінде игеру; АФТ материалдарын өңдеуге өткізу.

6. АФТ материалдарын фотолабораториялық және фотограмметриялық өңдеу. АФТ материалдарын МЕСТ талаптарына қатысты тексеру.

7. АФТ материалдарын дайындау және тұтынушыға жеткізу.

Аэрофототүсіріс және фотограмметриялық құрал-жабдықтарды негізінен швейцариялық Wild және немістің Zeiss фирмалары жасайды. Қазіргі кезде аэрофототүсіріс жұмыстарын орындау үшін түрлі конструкциядағы 1500-ден астам ұшақ қолданылады. АФТ жұмыстарымен кіші обьектілерді үлкен масштабта орындау үшін 10 тонналық салмағы жеңіл ұшақтар қолданылады. Карта жасау мақсатында орташа және кіші масштабтағы АФТ-ке орташа кластық 10–25 тонналық ұшақтар қолданылады.

Жерді қашықтықта зондтау үшін салмағы 50-150 т ауыр ұшақтар қолданылады, ұшу биіктігі 20 км, қашықтығы 4 - 6 мың км құрайды.

Бақылау сұрақтары:

1. Аэрофототүсіріске – анықтама беріңіз;
2. Аэрофототүсіріс жағдайы дегенді қалай түсінесіз?
3. Аэрофототүсірістің қандай әдістері бар?
4. Аэрофототүсіріс құрал-жабдықтарын атаңыз?
5. Аэрофототүсірістің дамуына қандай факторлар әсер етеді?
6. Аэрофототүсірістің қолданылу саласы.
7. Аэрототүсіріс құрал-жабдықтарын қандай фирмалар шығарады?

2. АВИАЦИЯЛЫҚ МЕТЕОРОЛОГИЯ НЕГІЗДЕРІ

2. 1. Атмосфера және оның құрылымы

Метеорология – бұл атмосферадағы өзгерістерді және физикалық процестерді зерттейтін ғылым (грекше “атмос” – “бу”, “ауа”; “сфайра”- “шар”, “сфера”; “метеоро” - “ауа”, “логос”- “ғылым” деген мағынаны білдіреді).

Атмосфера жердің ауа қабаты, ол 4 000 км құрайды. Салмағы $5{,}27\ 10^{15}$. Ауаның 99% - ы жерден 30 – 35 км биіктіктегі қабатта орналасады.

Жердің атмосферасы мынадай механикалық қоспа газдардан тұрады: азот- 78,084%, оттек - 20,948%, аргон - 0,934% басқа газдар 0,01% – (неон, гелий, криптон, сутек, ксенон, озон). Негізгі атмосферада 4 %-ға дейін су буы және 0,04 %-ға дейін көмірқышқыл газы, сонымен қатар түрлі қоспалар: шаң, жанатын өнімдер, тұздар болады.

Атмосфераны қабатқа бөлу

Ауа құрамы бойынша атмосфера мынадай бөлімдерге бөлінеді:

– *гомосфера* биіктігі 90-100 км-ді құрайды; оның құрамындағы құрғақ ауа және оның молекулалық массасы биіктікке байланысты өзгермейді.

– *гетеросфера* биіктігі 100-24000 км; мұнда ауа құрамы өзгеріп, оттектің құрамы әлсін-әлсін ұлғайып тұрады және молекулалық массасы биіктікке байланысты төмендейді.

Атом бөліктерін электрлеу және газдардың молекулалары бойынша:

– *озоносфера* биіктігі 20-25 км. Атмосфера қабатында кішігірім озон концентрациясы болады (O_3), озоносфера ультракүлгін және инфрақызыл сәулелерді сіңіреді;

– *ионосфера* қабатының ерекшелігі газдардың молекулалары мен атомдары электрлік зарядталған, яғни иондалған.

Иондалу себебі ультракүлгін және рентген сәулелерінің газдың молекула және атомдарға әсері радио ағындарының таралуына үлкен әсер етеді. Орналасу биіктігі 60 км. Д – қабаты жай иондалған; Е – қабаты 90-120 км-ге дейін, F – қабаты биіктігі 180 км-ден жоғары.

Ұшатын аппараттардың ұшу жағдайы бойынша:

– ауа кеңістігі - биіктігі Н – 70 км дейін;

– ғарыштық кеңістігі - Н = 70 – 150 км,

– бергі жақын ғарыш Н = 150 – 1000 км;

– алыс ғарыш Н = 1000 – 930000 км.

Вертикаль бойынша ауа температурасының таралу сипаттамасы:

Тропосфера – атмосфераның қалыңдығы 7 – 18 км құрайтын тө-

менгі ең тығыз қабаты. Бұл қабатта биіктік жоғарылаған сайын әрбір 100 м-де температура орта шамамен 0,65ºС-қа төмендейді. Сонымен қатар қабаттың 4/5 бөлігі ғана ауа массасын құрайды, сулы будың көп бөлігінен бұлттар пайда болып, циклон және антициклонды тудырады. Тропопауза қалыңдығы шамамен бірнеше жүздеген метрден 1– 2 км-ге дейінгі аралықты құрайды. Осы қабаттағы температураның жоғарыдан төмендеуі бәсеңдейді немесе тоқтайды. Тропопауза вертикаль ауа қозғалысын тежейді.

Стратосфера – биіктігі 50 км-ге дейін жететін тропосфераның бір қабаты, температурасы 25–30 км биіктікте жоғарылайды және 0º -қа жақындап, сол қабаттың жоғарғы шегіне жетеді. Биіктігі 30 км қабатта түссіз бұлттар пайда болады, олар диаметрі 2 мкм-ден кіші тамшы және мұз кристалдарын құрайды.

Мезосфера – биіктігі 50 – 80 км-ге созылып жатқан атмосфера қабаты; осы биіктіктегі температура 90º – қа дейін төмендейді де, күміс түстес бұлттарға айналып, мезопауза өтпелі қабатымен аяқталады.

Термосфера – 80 – 100 км-ге дейін созылып жатқан атмосфера қабаты; оның температурасы 250 км биіктікте жоғарылап, $+1500^0$С құрайды, әрі қарай өзгеріссіз қалады да, молекулалық азотпен және күн сәулесі шығаратын ультракүлгін сәуленің оттекті сіңіруінен температура жоғарылайды. Осы кезде 200 км-ге дейін молекулалық азот жиналып, одан жоғары қарай – атомдық оттек, өте жоғары қабаттарында – жеңіл газдар, гелий және сутек болады. Бұл атмосфералық қабатта полярлық шағылыс байқалады. Соңында термопауза өтпелі қабатымен аяқталады.

Экзосфера – 800 км-ден 24 000 км-ге дейінгі созылып жатқан атмосфера қабаты. Бұл қабат шашыранды болып, онда газдың Жер атмосферасынан тарағаны байқалады.

Стандарттық атмосфера

Атмосфераның нақты жағдайы тұрақсыз өзгеріп, оның өзгеруі уақытқа және сол орынға байланысты болады. Атмосфераның осы жағдайы, яғни температура, қысым және ауа тығыздығы әуе кемесінің ұшуына үлкен әсер етеді. Сондықтан ұшақтың аэродинамикалық жағдайын және құрал-жабдықтарын есептеу кезінде ескеру қажет. Осындай тапсырмаларды шешу үшін "*стандарттық атмосфера*" қолданылады. Бұл тұрақты атмосфера, ол теңіз деңгейінде атмосфераның негізгі метеорологиялық элементтерінің жылдық орташа сипаттамалары бойынша есептеледі. Стандарттық атмосфераның негізгі сипаттамалары:

1) нөлдік деңгейге теңіз деңгейін қабылдау қажет;
2) нөлдік деңгей кезіндегі ауа қысымы P_o = 1013525,0, сынап ба-

ғанасы Па = 760 мм = 1013,25 мб.;

3) нөлдік деңгейдегі ауа температурасы t = 15ºС;

4) ауаның молярлық массасы (M_o=28,964), 95 км биіктікке дейін тұрақты болады.

5) биіктікке байланысты температуралық градиент:

биіктікте 0 – 11км = – 6,5º км;

20 км = 0,0;

47 км = +2,8º км;

51 км = 0;

70 км = – 0,002º км.

6) Дыбыс жылдамдығы a_c=340.294 м/с;

7) Еркін құлау үдеуі g_0=9.80665 м/с^2

Барлық сипаттамалар МЕСТ-қа, халықаралық стандартқа (ISO) және азаматтық авиацияның халықаралық ұйым стандартына (ICAO) қатысты құрылады.

Атмосфералық қысым – жоғары қарай барлық атмосфера бойымен созылып жатқан ауаның бағана салмағынан туындайтын, 1 см^2 горизонталь беткейдегі бірлікке әсер ететін күш. Ол барометрдегі сынап бағанасының биіктігімен, бір қалыптағы ауа бағанасымен мм с.б. немесе миллибармен (мб) өлшенеді (1мм с.б. = 1,333мб). Өлшем бірлігі – Паскаль (Па). Қысымның өзгеруін бари деңгеймен немесе қысымның вертикаль градиент мәнінің биіктігімен көрсетуге болады. Бари деңгейі деп – биіктігі жоғары көтерілуі немесе төмен түсуін айтады, яғни қысым 1 мбар-ға өзгеруі қажет:

$$h = \frac{\Delta H}{\Delta P}; \quad \text{м/мб} \tag{1}$$

Кері барилық деңгейдің мәні вертикаль бариалық градиент деп аталып қысымның төмендеуін сипаттайды:

$$J_b = -\frac{\Delta P}{\Delta H} \tag{2}$$

Бірдей қысымдағы нүктелерді қосатын сызықты изобара деп атайды. (Изос – “тең”, “барос” – “ауыр салмақты” деген мағананы білдіреді). Жер бетінің бір қалыпты қызбауын және оның салқындауын, жылы және суық ауа массаларының қозғалуы қысымның өзгеруіне апарып соғады. Атмосфералық қысымды үздіксіз тіркеу үшін барограф аспабы қолданылады. Барограмма атмосфералық қысымның өзгеруін үздіксіз бақылап отырады.

Көріну. Жердің горизонталь қашықтықта көрінуі деп бір аралықта заттың пішіні, түсі, қашықтығы (жарықтығы) бойынша анықтауға болатын арақашықтықты айтады. Ұшақтан анықталатын нақты объек-

тілердің көрінуін *ұшу кезіндегі көріну* деп атайды. Оны горизонталь, вертикаль және еңіс деп бөледі. *Горизонталь ұшу кезіндегі көрініс* – ұшақтың ұшу деңгейіндегі орналасқан объектілердің ауадан көрінуі. *Вертикаль ұшу кезіндегі көрініс* – 90ºС бұрышта жерде орналасқан объектілердің көрінісі. *Еңіс ұшу кезіндегі көрініс* - әр түрлі бұрышта көрінетін объектілер. Көріну қашықтығы әртүрлі факторға байланысты: атмосфераның таза ашықтығы, зат және оның реңінің жарықтануы.

Ауа ылғалдылығы – ауадағы сулы будың құрамы, абсолюттік және салыстырмалы бірлікпен негізделеді.

Абсолюттік ылғалдылық – $1м^3$ ауадағы сулы будың құрамы (грамм).

Меншікті ылғалдылық 1 кг ылғалды ауадағы сулы будың грамдағы құрамы.

Салыстырмалы ылғалдылық – ауадағы сулы будың осы температурадағы ауаны қанықтыруға қажетті мөлшеріне қатынасы:

$$R = \frac{e}{E} * 100\%, \qquad (3)$$

мұндағы е – сулы будың тығыздығы (нақты саны): Е – сулы будың қысымы, тығыздығы (сулы будың мөлшері).

Шық – ауаның қанығуынан туындайтын температура. Ауа температурасымен шық ортасы арасындағы айырмашылық шық ортасының жетіспеушілігін тудырады. Егер салыстырмалы ылғалдылық 100% -ды құраса, онда шық ортасы ауа температурасына тең болып, ауа ылғалдылығы психрометрмен анықталады. Яғни ауа температурасын бақылау кезінде құрғақ және суланған құбырдағы екі термометрдің көмегімен анықтайды. Аспапты *психрометр* деп атайды.

Бұлт – жер бетінен әр түрлі биіктікте конденсацияланатын су буын айтады.

Конденсация – сулы будан сұйыққа айналуын айтады (ол –40º температураға дейін байқалады).

Сублимация – сулы будың қатты денеге айналуы (-40º - тан төмен температурада байқалады). Жер қабатындағы ұсақ тамшы суының конденсациясы және сублимациясы нәтижесінде және мұздақ кристалдары атмосферада газдардың жиынтығын, тұман және жоғарғы қабаттарда бұлтты түзейді. Ұсақ тамшылардың араласуынан немесе мұз кристалдарының өсуі жаңбыр, қар, бұршақ жауына себепші болады.

Жел – ауаның горизонталь қозғалысы. Желдің негізгі сипаттамалары – бағыты және жылдамдығы. Метеорологияда, жел қай жақтан соғады, жел бағытын горизонттың сол жағынан белгілеп, меридианның солтүстігінен 0^o - ден 360^0 – қа дейін сағат тілі бойымен градуспен өлшейді. Жел жылдамдығы м/с немесе км/сағ – пен өлшенеді.

Желдің пайда болу себебі: қысымның бір қалыпсыз горизонталь таралуы. Ауа жоғарғы қысымды жерден төменгі жерге ауысады. Сонымен қатар ауа қозғалысына Жердің айналу күші, үйкеліс күші әсер етеді.

Атмосфералық қабаттың газдануы. Атмосфера қабатының құрамы жоғарғы жарық өткізгіштік қасиеті бар көзге көрінбейтін ашық газдың жиынтығын құрайды. Егер атмосфера қабаты тек газдан ғана тұрса, онда күннің ашық кезіндегі көрінуі шамамен 300 км құрап, Жердің қисықтығымен шектелер еді.

Атмосферадағы будың, қатты бөлшектердің конденсациясы атмосфераның ашықтығын және көріну қашықтығын төмендетеді. Күннің сәулесі атмосфера арқылы өткенде газ молекулалары, өте ұсақ су бөлшектері және шаңмен әрекеттесіп, олардан үздіксіз шағылып таралады. Күннің ең көп таралуы ауадағы су бөлшектері және шаң конденсациялары жиналатын жер беткейінде болады. Осы қабаттан өтетін жарық сәулелерінің шағылып таралуымен негізделетін атмосфераның жарық өткізгіш қабаты - *атмосфераның газданған қабаты* деп аталады.

Метеорологияда газданудың пайда болу принципі бойынша былай бөлінеді:

Газданудың бірінші түрі (көк) – атмосфераны құрайтын газ молекулаларының жарық ағынын тарату нәтижесінде болатын молекулалық газдану. Бұл газдану қысқа толқынды радиацияны тез таратады;

Газданудың екінші түрі (сұр) – аэрозольды таралудан болатын газдану. Аэрозоль – қатты немесе сұйық заттектердің бөлшектерін құрайды.

Ауа масасы

Ауа райы (температура, ылғалдылық, бұлт, бағыт және жел жылдамдығы, т.б) және біртекті физикалық қасиеттері бар, біршама ауданды алып жатқан үлкен мөлшердегі ауаны – *ауа массасы* деп атайды. Горизонталь бағытта метеорологиялық элементтер бір ауадағы массадан екінші ауадағы массаға ауысу кезінде ауа массалары ішінде жай және үздіксіз қозғалып, қалыпсыз өзгереді. Ал вертикаль бағытта біртекті ауа массасының барлық бөліктерінде метеоэлементтер бірдей өзгереді.

Ауадағы массаның термодинамикалық жіктелуі

Тұрақты ауа массасы – вертикаль қозғалысының дамуы үшін қолайсыз, яғни одан шығатын ағындар әлсіз дамиды немесе типті дамымайды. Ауа массасы беттікке қарағанда жылы болады. Ол үймелі – қабатты, қабатты бұлттармен, әлсіз қарлы боранмен, үсікпен немесе тұманмен сипатталады.

Тұрақсыз ауадағы масса – вертикальды қозғалуға жағдай туын-

дайды, беттіктен суығырақ болады. Ол күшті үймелі және үймелі-жауынды бұлттармен, құйынды жауынмен, найзағаймен сипатталады.

Бейтарап ауа массалары – айтарлықтай өзгерістерге қарамастан бір аумақта ұзақ тұрады.

Ауа массасының географиялық жіктелуі:

– арктикалық ауа (теңіз және континенталь). Континенталь арктикалық суық ауа, тұрақты, құрғақ мұз қатқан арктикалық теңізден немесе шеткі Сібірден келеді. Континенталь Арктика ауасы солтүстік-батыстан мұзы жоқ жылы арктика теңізінен келеді, ондағы ауа жылы, ылғал және тұрақсыз;

– қоңыржай ауа (теңіздік және континенталь) қыста солтүстік бойлықтан 40º – 65ºС арасында, жазда солтүстік бойлықтан 50–70ºС арасында қалыптасады. Оның қасиеттері әр түрлі және қалыптасатын аумаққа байланысты болады;

– тропикті ауа – континентті. Тропикті ауа Африканың солтүстігінде және оңтүстік Азияда қалыптасады. Теңіздік тропикті ауа – Тынық және Атлант мұхитының субтропикалық бойлығында қалыптасады;

– экваторлық ауа – орта бойлыққа сирек түсетін өте жылы, ылғалды және экватор бойындағы аумақтарда қалыптасады;

– атмосфера фронттары деп метеорологиялық элементтердің қалыпсыз өзгеруімен сипатталатын ауа массасы арасындағы бөлімнің үстіңгі қабаты немесе өтпелі зонаны айтады.

Фронттардың жіктелуі

Жылы фронт – жылы ауаның суық ауаны ығыстыруы; ол ақша бұлттың біртіндеп қатпарлы – жауынды бұлтқа айналуымен, температураның өсуімен және қысымның төмендеуімен сипатталады.

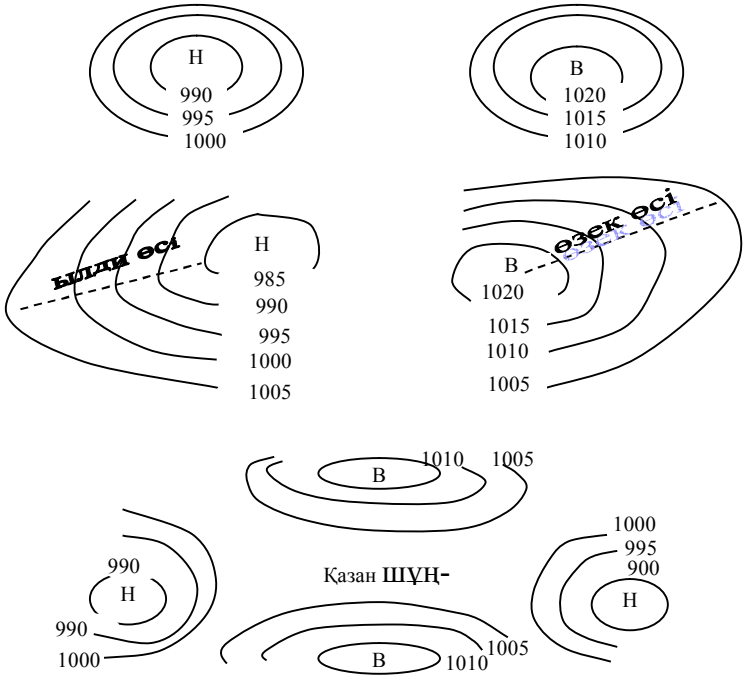
Суық фронт – жылы ауадағы массаның суыққа ығысуы. Температура төмендейді. Суық фронттың бірінші түрі сағатына 30 км/сағ-қа дейінгі жылдамдықпен баяу қозғалады.

Суық фронттың екінші түрі – жылдам қозғалатын фронт (40 – 50 км/сағ. және одан жоғары). Жердегі суық фронт дауылды жел, құйынды жауын-шашын, найзағай, қармен қоса келеді.

Окклюзия (латынша occlusio – жабу, жұту) – фронты суық және жылы фронттардан тұратын фронттардың жиынтығы. Окклюзияның жылы фронты фронттар алдында жылжитын суық массаға қарағанда, жылырақ болып келіп, жылжып бара жатқан жылы масса артынан жылжитын суық фронттан туындайды. Суық фронт фронттар алдынан жылжитын ауа массасына қарағанда суық болып, фронт артынан жылжитын ауа массасынан туындайды.

Окклюзияның фронттары жылдың суық кездерін көрсетеді.

Екінші деңгейдегі фронттар – әр түрлі температуралық қасиеттері бар, бір ауа массасының ішінде бөлек пропорциялар арасындағы бөлім сияқты пайда болатын фронтты айтамыз. Ол көбінесе қалыпты емес артикалық немесе қоңыржай ауада кездеседі. Екінші фронттағы процестер негізгі фронтқа қарағанда әлсіз болып келеді, күннің вертикаль бойынша бұлттылығы төмен болады.



1- сурет. Бари жүйесінің негізгі формалары

Бари жүйесі. Теңіз деңгейінде жер беткейінің бойымен ауа қысымының таралуын *бари рельефі* немесе *бари жүйесі* деп атайды. Бірдей қысым көрсетілген көрініс бір қалыпты қисық сызықпен бейнеленіп *изобара* деп аталады.

Циклон деп тұйықталған изобара жүйесімен шектелген төменгі қысым аймағын айтады. Ең төменгі қысым тұйықталған изобара жүйесінің ортасында байқалады да, Н әрпімен белгіленеді.

Антициклон – жоғары қысым ортасы, тұйықталған изобараның

шектеулі жүйесін білдіреді. Ең жоғары қысым жүйенің ортасында байқалып, В әрпімен белгіленеді.

“Ылди” – циклон ортасынан бастап төмендеген қысымның созыңқы түрін білдіреді. “Ылди” осі бар, оның бойымен изобаралар күрт үзілісте болады.

“Жота” – антициклон орталығынан бастап, қысымның жоғарылаған ұзына бойы созылып жатқан түрін білдіреді, оның осімен изобаралар күрт сүйірленеді.

“Қазан шұңқұр” – бари жүйесін білдіреді, ол бір-біріне циклон және антициклон болып қарама-қайшы қабаттасып жатады.

Бақылау сұрақтары:

1. Атмосфера құрылымы.
2. Атмосфера қандай белгілермен қабаттарға бөлінеді?
3. Стандарттық атмосфера деген не?
4. Бұлттардың пайда болуы және олардың жіктелуі?
5. Желдің пайда болу себебі.
6. Атмосфералық тұманның пайда болу себебі?
7. Ауа массасына – анықтама беріңіз.
8. Атмосфералық фронттар дегеніміз не?
9. Бари жүйесінің формалары.

2.2. Ұшуды метеорологиялық қамтамасыз ету

2. 2.1. Синоптикалық карталар және халықаралық метеорологиялық КН-01 коды

2. Метеорологиялық бақылаулар нәтижелерінен туындаған шартты белгілермен берілген арнайы картаны синоптикалық карта деп атайды (грекше *sgnoptikos* бәрін көруге қабілетті).

Синоптикалық карталар бір уақыттағы үлкен аумақты ауа райы туралы мәліметтерін береді. Бірнеше әкімшіліктік аймақтарды қамтып жатқан ауа райы картасын *тұйықталған карта* деп атайды. Жер бетіндегі бақылау нәтижелері түсірілген синоптикалық карталарды Жер бетінің *ауа райы картасы* деп атайды, ал аэрологиялық бақылаулар мәліметі түсірілген картаны *биіктік* немесе *аэрологиялық* деп атайды.

Жер бетінің синоптикалық картасы бір сағат сайын немесе қажеттілікке байланысты 00, 06, 12, 18 сағат гринвич уақытымен құрылады. Барлық Жер шары бойынша орналасқан метеобекеттер атмосфералық қысымды, температураны және ауа ылғалдылығын соңғы 3 сағаттағы өзгерген қысым бойынша бақылап, дәлірек айтқанда, барилық тенденция, желдің жылдамдығы және бағыты, горизонталь көріністің

ұзақтығы, бұлттың мөлшер және пішінін, сонымен қатар атмосфераның жоғарғы және төменгі шегін, атмосфераның жауын-шашын түрлері мен мөлшерін, ауа райының ерекше құбылыстарын (тұман, бұршақ, шаңды боран және т.б.) айтады.

Халықаралық келісім бойынша барлық метеобекеттерді бір физикалық уақытта, яғни гринвич уақытымен 00 сағатта және әр 3 сағат сайын бақылайды. Метеорологиялық бекеттердің бақылау нәтижелері, яғни жердегі және теңіздегі бақылаулар арнайы халықаралық метеорологиялық кодтармен, яғни КН-01 көмегімен кодталады да телеграмма түрінде беріледі.

0-бөлім кодтың әріптік көрсеткіші, күні және бақылау мерзімі, жел жылдамдығының көрсеткіші және оны анықтау тәсілі. SYNOP коды үшін – гидрометеостансаның индекстік нөмірі, SHIP коды үшін – әуе кемесінің дабыл қағатын радиостансасы және оның орналасуы туралы координаттары.

1-бөлім (ғаламдық алмасу). Жер бетіндегі атмосфералық жағдайдың метеорологиялық мәліметтері: температура ылғалдылық, ауа қысымы, қысымның өзгеру сипаттамасы, жылдамдық және жел бағыты, бұлттар пішіні, мөлшері және көрінісі; өткен ауа райы; бақылау кезіндегі ауа райы және телеграмма тобына қосылу көрсеткіштері 6 RRR t_R және 7 $_{WW}W_1W_2$.

2-бөлім (ғаламдық алмасу). Мұхит пен теңіз беті жағдайының гидрометеорологиялық деректері: су температурасы; желді толқындары мен толқындардың ұзындығы. Кемені мұз шалуы туралы мәліметтер; материк және теңіздегі мұз сипаттамасы және кеменің қозғалу бағыты және жылдамдығы.

3-бөлім (ғаламдық алмасу). Бір тәуліктегі төтенше ауа райы температурасы, жарты тәуліктегі жауын-шашын мөлшері, құралдармен өлшенген бұлттар ұзындығы және бұлттардың әр қабаттағы пішіні мен олардың мөлшері, ауа райы құбылыстарының сипаттамасы.

4-бөлім (ұлттық алмасу). Аспан бұлты туралы тау баурайындағы стансалардың деректері, яғни бұлт негізі станса деңгейінен төмен орналасқан, ал оның жоғарғы қабаты станса деңгейінен жоғары орналасқан, сонымен қатар бұлттардың үстіңгі қабаты бекет деңгейінен төмен орналасқан бұлттар туралы мәлімет беретін биік тауда орналасқан бекеттер.

5-бөлім (ұлттық алмасу). Тәуліктегі орташа ауа температурасы, бір тәуліктегі температурасы $+5^0C_o$- тан төмен болғандағы топырақ бетінің вегетациялық кезеңдегі минимальды температурасы, топырақ бетінің жағдайы, қар қалыңдығы, бір тәуліктегі және жарты тәуліктегі жауын-шашын мөлшері, ауа райы құбылыстарының сипаттамасы.

Жергілікті ауа райы картасына 1-бөлімдегі гидрометеорологиялық телеграммада берілген бақылаулар нәтижесі арнайы сызбанұсқа бойынша салынады.

КН-01 – коды ауа райы жағдайларын болжауға және талдауға қажет синоптикалық бақылау деректерін ғаламдық, аймақтық, ұлттық айырбастауға арналған.

Ауа райы картасына метеорологиялық мәліметтерді түсіру сызба нұсқасы

Жердің ауа райы картасын талдау тәсілдері:

1. изобара және қысымның төменгі және жоғарғы алаңдарын табу;
2. барилық тенденциялардың изосызығын жүргізу;
3. жауын-шашын, тұман және басқа да ауа райының ерекше құбылыстарын белгілеу;
4. атмосфералық фронт сызықтарын жүргізу.

Изобараны жай қара қарындашпен әрбір 2,5 гПа сайын бір қалыпты сызықпен жүргізеді. Барлық изобараларды гПа санына қатысты жазады. Төменгі қысымды аймақтарының орталығына қарындашпен Н әрпін, ал қысымның жоғарғы аймақтарына В әрпін қояды. Изотенденцияларды 1гПа арқылы үзік сызықпен сызады.

Фронттардың әр түрі басқа фронттардың түріне қарағанда айырмашылығы бар ерекше белгілермен сипатталады.

Мысалы жылы фронт үшін бұлттардың фронтальды жүйелері сай келеді. N_s-A_s-C_s-C_i , осы кезде C_i-C_s бұлттары фронт сызығынан алыс жатып, одан жауын-шашындар түседі де, ені 300 км-ге дейінгі жолақ пайда болады. Көбінесе суық фронттарға C_v бұлттары сай келіп, фронт сызығының алдында оқтын-оқтын жауын-шашын жауады.

Жоғарғы жіккабаттағы бұлттар: C_i – ақша бұлттар. C_c – үймелі ақша бұлттар, C_s – қатпарлы ақша бұлттар.

Орта жіккабаттағы бұлттар: A_c- – биік үймелі, A_s – биік қатпарлы бұлттар.

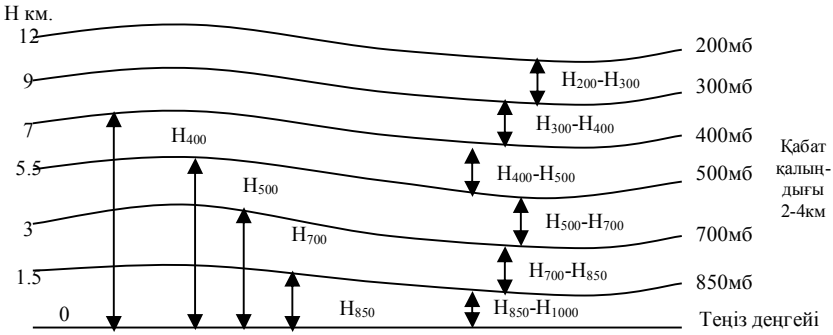
Төмен жіккабаттағы бұлттар: N_s – қатпарлы жаңбырлы бұлттар, S_c – қатпарлы үймелі, C_t – қатпарлы.

Биік бұлттар: C_u - үймелі, C_v – үймелі жаңбырлы бұлттар.

Барилық топография карталары

Атмосфера жағдайын талдау үшін барилық топография әдісі қолданылады. Оның негізгі мақсаты – жер бетінің арнайы картасын жасау. Ондай беткейлерді изобаралық, ал карталарды *бари топография карталары* деп атайды. Бұл карталарда ауа температурасына байланысты әр түрлі биіктіктегі қысымның таралуы бақыланады. Карталар стандарттық изобаралық беткейлер үшін 850, 700, 500, 400, 300, 200,

100, 70, 50, 30, 20, 10 мб қысымымен құрылады (2-сурет).



2-сурет. .Бари топографиясының картасы

Теңіз деңгейіне қатысты изобаралық беткейлердің биіктігі көрсетілген карталарды *абсолюттік топография картасы* ($АТ_р$) деп атайды. Бірдей биіктіктегі нүктелерді қосатын сызықтарды *изогипстер* деп атайды. Изобарилық беткейлерді геопотенциалды метрмен өлшейді ($ГП_м$):

$$H_{ГПМ} = 67{,}44\ T_{орт}\ lg\frac{P_o}{P_н}. \qquad (4)$$

мұндағы P_o – ауаның төменгі деңгейіндегі қысым; $P_н – H$ биіктегі қысым.

$$T_{орт} = \frac{To + Tн}{2}. \qquad (5)$$

Бұл формуладан байқалғандай изобарилық беттің биіктігі теңіз деңгейінің қысымына P_o және орташа температураға $T_{орт}$ байланысты.

Барилық топография карталардың тұжырымы төменгі изобарилық беткейде жоғарыға дейін тізбектеле жүргізіліп және кез келген биіктіктегі желдің жылдамдығын және бағытын анықтауға мүмкіндік береді.

Осы биіктіктердегі бұлттардың бар – жоғын анықтайды. $АТ_{850}$ және $АТ_{700}$ карталары бойынша атмосфералық фронттар және ауа массалары дәлірек қарастырылады. $АТ_{700}$ және $АТ_{500}$ карталары ағындарын анықтау үшін қолданылады. Ал $АТ_{400}$, $АТ_{300}$, $АТ_{200}$ карталары бойынша сұйық ағын және олардың жылдамдығы мен бағыты анықталады.

Изобаралық беткейлердің биіктігі басқа изобаралық беткейлердің

биіктігіне қатысты салынған карталарды *салыстырмалы топографиялық карталар* деп атайды ($CT_{P_2}^{P_1}$).

Практикада $CT\frac{500}{1000}$ карталар жасалады. Олар теңіз деңгейінен биіктігі 5 – 5,5 км атмосфералық қабатты көрсетеді. "СТ" карталарын ауа массаларының температурасын талдау үшін қолданады.

Әуеге ұшуды метео қамтамасыз ету кезінде атмосфералық жағдайларды көрсететін карталармен болжау карталары кеңінен қолданылады, онда:

– жердегі болжау карталары ауа райының қауіпті жағдайын барилық, яғни фронттардың бағыттарын көрсетеді;

– абсолюттік топографиядағы болжау карталары аталып өткен тапсырмаларды шешеді;

– ауа райының авиациялық-болжау карталары (АБК) – топталған карталар жиынтығын құрайды. Олардың құрамы абсолюттік топография және жер карталарынан тұрады. Бұл карта жиынтықтарының түрі авиациялық болжам карталары ауа райының қауіпті жағдайын болжайды, ал екіншісі ауа райын болжайды.

2.2.2. Ұшақтарды метеорологиялық қамтамасыз ету

Ұшақтарды метеорологиялық қамтамасыз етудің негізгі міндеті – олардың қауіпсіздігін, қолайлылығын және үнемділігімен қамту. Бұл метеорологиялық қамтамасыз ету жұмыстары госкомгидромед бөлімшемелерімен жүргізіледі. Аэродромдардағы нақты ауа райы туралы ресми мәліметтер бойынша әуекемелерін ұшыруға рұқсат береді. Метеорологиялық ақпараттарға қазіргі және алдағы болатын ауа райы жағдайы туралы мәліметтердің барлық түрі жатады. Ақпараттық көздерге мемлекеттік метеотораптар, ведомстволық, халықаралық, автоматты станса тораптары, ауа райын болжау құралдары жатады.

Аэродромдағы нақты ауа райы туралы ақпараттарды және оны болжауды арнайы халықаралық авиациялық METAR және TAF кодтарымен таратады. Аймақтар және ұшу маршруты бойынша авиациялық ауа райы болжамы ARFOR және ROFOR кодтарымен таратылады. Сол сияқты бірнеше авиациялық кодтар бар.

Аэрофототүсірістің ұшу процесін орындау кезінде ауа райы туралы қосымша ақпараттар қолданылады. Бұл ақпараттар ұшып бара жатқан ұшақтардан, арнайы ұйымдастырылған метеобекеттерден алынады. Ауа райы туралы мәліметтер қысқа толқынды және ультрақысқа толқынды каналдар бойынша (КВ/УКВ) метеоақпараттық мәліметтермен жиі-жиі айтылып тұрады. Экипажды ұшыруға дайындау алдында метеорологиялық кеңес, ұшу бағыты және түсіру объектілерінің ауа райы туралы мәлі-

меттерді, шторм, ұшу ұзақтығына байланысты метеорологиялық құжаттармен қамтамасыз етеді.

Ұзақтығы 2 сағаттан асатын ұшу процесі кезіндегі экипажда мынадай құжаттар болуы керек: барилық топографияның болжау карталары немесе биіктігі бойынша желді болжау, қонатын пунктілер және қосымша аэродромдар бойынша ауа райының болжам бланкасы.

Аэрофототүсіріс жұмыстары бұлттың қоюлығы екі баллдан кіші болған кезде немесе бұлттардың жоғарғы жағында орындалуы мүмкін.

Метеорологиялық телеграмманы METAR кодының сызбанұсқасына сай талдау

METAR – әуежайдағы нақты ауа райының кодтарының аты.

SPECI – кодтың аты, аэродромдағы ауа райының өзгеруі туралы деректер. Осы телеграммалардың екі түрінде ауа райының өзгеруі туралы болжаулар кіреді, оны TTTTT индикаторлар арқылы біледі. Телеграмманың екі түрінде де, ауа райының өзгеруі келтірілген (1-кесте). SPECI телеграммасын METAR-ға ұқсас талдайды. Жұмыстың орындалу тәртібін метеорологиялық METAR телеграммасының талдау мысалы ретінде қарастырамыз:

UAAA 1600Z 02007MPS 0600 R06/1000U FGDZ SCT010 OVC020 17/16 Q1018 BECMG TL1700 0800 FG BECMG AT1800 9999 NSW.

UAAA тобы (CCCC, 1-кесте, 1-бағана): төрт әріпті көрсеткіш аэродромның орналасу орнын көрсетеді.

1600Z тобы (GGggZ, 1- кесте, 2 бағана): 16-00 – UTC бойынша метеобақылау уақыты 16 (GG) сағат 00 (gg) минут (халықаралық дәл уақыт); Z – топтың әріптік көрсеткіші.

02007MPS тобы (dddffGf_mf_m, 1-кесте, 3-бағана): 020 (ddd) – 20 градустағы желдің метеорологиялық бағыты; 07*(ff)* – 7 м/с(MPS) жел жылдамдығы; Gf_mf_m – соңғы он минут аралығында максимал жел жылдамдығы туралы деректер және көрсеткіштер, осы мерзім аралығында бақылау болған жоқ; $d_nd_nd_nVd_xd_xd_x$ – тобы болжауға енгізілмеген, өйткені жел бағыты 60°-тан артық бақыланған жоқ.

0600 тобы (VVVVD_V, 1-кесте, 4-бағана): 0600 (VVVV) – жер бетіндегі минимал горизонтал көрінуі 600 м; D_V – бағыт, стансадан минимал көріну байқалып, телеграммада көрсетілмейді (компас румбтарының әріптік көрсеткіштерімен кодталады: N, NE және т.б.), яғни ол барлық бағытта бірдей; $V_XV_XV_XV_XD_V$ – тобы, егер жергілікті жерде көріну VVVV 1 500 м-ден аз болмаған жағдайда ескеріледі, ал басқа бағытта 5 000 м-ден артқанда жергілікті жерде осы D_V бағыты $V_XV_XV_XV_X$ көрсетіледі.

R06/1000U тобы ($RD_RD_R/V_RV_RV_RV_RI$, 1-кесте, 5-бағана): R06(RD_RD_R) – 06 нөмірлі ұшу-қону жолындағы көріну қашықтығы

(ВПП); / – қисық сызық; 1000 ($V_RV_RV_RV_R$) – көріну қашықтығы 1 000 м; U(I) – ұлғайтуға бағытталған көріну қашықтығының тенденциясы.

FGDZ тобы (w′w′, 1-кесте, 6-бағана): FG – 2 – кесте бойынша кодталады, осыған сай тұман белгіленеді; DZ – сіркіреуік жауын.

SCT010 OVC020 тобы ($N_SN_SN_Sh_Sh_Sh_S$ немесе $VVh_Sh_Sh_S$, 1-кесте, 7-бағана): SCT ($N_SN_SN_S$) – жеке бұлттар (scattered), 1 – 5 бал; 010 ($h_Sh_Sh_S$) – 3-кесте бойынша бұлттың төменгі шегінің биіктігі 300 м; OVC – бұлтты (overcast), 10 бал; 020 – 600 м биіктікте; вертикал көріну туралы мәлімет жоқ.

17/16 тобы (T′T′/ $T_d′T_d′$, 1-кесте, 8-бағана): 17 (T′T′) – ауа температурсы +17 °C; 16 ($T_d′T_d′$) – "шық" нүктесі +16 °C.

Q1018 тобы ($QP_HP_HP_HP_H$, 1-кесте, 9-бағана): Q – көрсеткіш әріп; 1018 ($P_HP_HP_HP_H$) – теңіз деңгейіне келтірілген қысым гПа.

REw′w′ тобы (1-кесте, 10-бағана): ауа райы деректері, телеграммада көрсетілмеген.

WS TKOF, RWYD_xD_x немесе WSLDG, RWYD_xD_x тобы (1-кесте, 11-бағана) – жел соғуы туралы деректер телеграммада көрсетілмеген.

BECMG тобы (TTTTT, 1-кесте, 12-бағана): BECMG (TTTTT) – метеожағдайдың өзгеруі.

TL1700 тобы (TTGGgg, 1-кесте, 13-бағана): TL (TT) – ауа райы мерзімінің өзгеру соңы 17 (GG) сағат 00 (gg) минут.

0800 FG тобы (VVVV, 1-кесте, 14-бағана): 17 сағатқа дейінгі болжанатын горизонталь 800 м көрінуі, тұман.

BECMG AT1800 9999 NSW тобы (TTTTT, TTGGgg, VVVV, 1-кесте, 12, 13, 14-бағана): BECMG – метеожағдайдың өзгеруі күтілуде; AT1800 – 18 сағаттан бастап; 9999 – 10 км-ден жоғары көріну ; NSW – ауа райында өзгеріс жоқ.

METAR телеграммасын талдау. UTC Алматы әуежайының күнделікті 16 сағ.00 мин. нақты ауа райы мәліметі: жел бағыты 20 градус; жел жылдамдығы 7 м/с құрайды; көріну 600 м; Ұшып-қону жолағындағы көріну қашықтығы, қону алаңында (6 нөмір) 1000 м құрайды, одан да артуы мүмкін; тұман және өткінші жауын-шашын, 300 м биіктікте алабұлтты, 600 м биікте бұлтты; ауа температурасы Цельсий бойынша 17 градус, "шық" нүктесі 16^0C; теңіз деңгейіне келтірілген қысым 1018 гПа; Алдағы екі сағат ішіндегі тенденция: 17 сағатта тұмандағы көрініс 800 м; 18 сағатта көрініс 10 км құрайды, ауа райында айтарлықтай өзгеріс жоқ.

2- кесте

Ұшу-қону жолдарының көріну қашықтығы (ВПП)	Ағымдағы ауа райы	Бұлтты	Ауа және шық нүктесінің температурасы
$RD_RD_R/V_RV_RV_RV_RI$ немесе $RD_RD_R/V_RV_RV_RV_RVV_RV_RV_RV_RI$	w′w′ (ww)	$N_SN_SN_Sh_Sh_Sh_S$ немесе $VVh_Sh_Sh_S$	T ′ T ′/ T_d ′ T_d ′
5	6	7	8
Көріністің қашықтығы: R – топтың көрсеткіш әріпі; D_RD_R – ВПП нөмірі; $V_RV_RV_RV_R$ – ұшу-қону жолындағы орташа көріну қашықтығы (метрмен); I – көріну қашықтығының тенденциясы (U – жоғарылау, D – төмендеу, N – өзгеріс болған жоқ); RVR – ұшу-қону жолындағы көріну қашықтығы. Егер 10 минут ішіндегі бақылау мерзімінде RVR орташадан, 50 м-ден жоғары болса, $D_RD_R/V_RV_RV_RV_RVV_RV_RV_RV_RI$ тобы $RD_RD_R/V_RV_RV_RV_RI$ тобының орнына қойылады. (минималь және максималь мәндері); V – топтың әріптік көрсеткіші.	Ағымдағы ауа райы ерекшеліктері 2 – кестеде кодталған w′w′ орнына тоғыз белгі тұруы мүмкін. (ww) – мезгілін-дегі бақыланатын ауарайы ел шешімімен енгізіледі	$N_SN_SN_S$ – бұлттар саны қысқартылған үш әріппен кодталады: SCT – жеке бұлттар, BKN – ала бұлттар, OVC – бұлтты, SKC – аспан ашық. $h_Sh_Sh_S$ – бұлттың төменгі қабаты 3-кесте бойынша кодталады. $VVh_Sh_Sh_S$ тобы - аспан ашық, вертикаль көрініс туралы мәлімет болған жағдайда беріледі: VV – топтың көрсеткіш әріпі, $h_Sh_Sh_S$ – 3- кесте бойынша кодталатын 30м крат бірліктегі вертикаль көріну	Т ′Т ′ – ауа температурасы; T_d′T_d′ – шық нүктесінің температурасы. Төменгі температурада М әрпімен белгіленеді

3– кесте

Қысым	Ауарайын алдын ала болжау	Төменгі қабаттарда желдің жылжуы	Ауарайының өзгеруін болжау		
$QP_HP_HP_HP_H$	REw′w′	WS TKOF $RWYD_XD_X$ немесе WSLDG $RWYD_XD_X$	TTTTT немесе NOSIG	TTGGgg	dddffGf_mf_m VVVV w′w′ $N_SN_Sh_Sh_S$ h_Sh_S $VVh_Sh_Sh_S$
9	10	11	12	13	14
Q – топтың көрсеткіш әріпі; $P_HP_HP_HP_H$ – теңіз деңгейіне бүтін гектопаскальмен (гПа) келтірілген қысым (QNH).	RE – көрсеткіш әріп, ауарайын алдын ала болжау туралы мәліметтер (recent); w′w′ – ауа райын болжайтын жағдайлар 2-кесте бойынша кодталады	WS – желдің ығысуы; TKOF – ұшу траекториясы; RWY – ұшу-қону жолағы (ВПП); D_XD_X – ВПП нөмірі; LDG – қону траекториясы	TTTTT – метеожағдайдың өзгеруін болжайтын көрсет-кіш, мұнда мынадай сөздер көрсетіледі: BECMG – метеожағдайдың түбегейлі өзгеруі, TEMPO – метеожағдайдың уақытша өзгеруі күтілуде; NOSIG – өзгеріс жоқ	Уақыт тобы немесе өзгерген ауа райының берілетін мерзімі TT – әріппен кодталады: FM – мерзімнің басы; TL – мерзім соңы; AT – нақты уақыт; GGgg – сағат және минуттағы уақыт	Болжай тын желдің, көріністің ауа райының жағдайы, бұлттылық тың, вертикаль көріністің өзгерістері METAR ережелері мен кодталады

Ауа райын болжау және бақылау мерзіміндегі ерекше жағдайлар (w'w')

4 – кесте

Сапаны анықтау			Метеорологиялық жағдайлар		
Код көрсеткіші	Қарқындылық	Дескриптор	Жауын-шашын	Көріну қарқындылығының нашарлау жағдайлары	Басқалары
	1	2	3	4	5
–	Light (әлсіз)	MI – Shallow (жұқа)	DZ – Drizzle (сіркіреуік жауын)	BR – Mist (дымка)	PO- dust/sand whirls (шаңды-құмды тозаңдар)
Көрсеткішсіз	Moderate (қалыпты)	BC – Patches (үзік-үзік)	RA–Rain (жаңбыр)	FG – Fog (тұман)	SQ– Squalls (қатты жел)
		DR – Low drifting ()	SN – Snow (қар)	FU– Smoke (түтін)	
	Heavy	BL – құйын	SG–қар бұрқасыны	VA– жанартау (вулкан) күлі	FC– воронка тәріздес бұлттар
+	(қатты)	SH – нөсер	IC- мұздақтар PE – мұздай жаңбыр		SS– құмды боран
	In the vicinity	TS – найзағай	GR – бұршақ	DU – шаң	DS– шаңды боран
VC	(жақын)	FZ – суып кету	GS– мұздақ немесе қар бұршағы	SA – құм	
				HZ –	

Бұлттардың төменгі қабатының биіктігі, мұзdануы, турбуленттілігі және вертикаль көрінуі

5 – кесте

Код саны	Биіктік, м	Код саны	биіктік, м
1	2	1	2
000	30 төмен	010	300
001	30	011	330
002	60	…	…
003	90	099	2970
004	120	100	3000
005	150	110	3300
006	180	120	3600
007	210	…	…
008	240	990	29700
009	270	999	30000 немесе жоғары

Бақылау сұрақтары:

1. Синоптикалық карталар дегеніміз?
2. КН-01 коды не үшін арналған?
3. Ауарайы КН-01 кодының қандай бөлімімен бағаланады?
4. METAR кодымен қандай ауарайы беріледі?
5. TAF кодымен қандай ауарайы беріледі?
6. Метеоақпараттардың қосымша көздері?

2. 3. Авиациялық техника негіздері

2. 3.1. Ұшу принципі

Ұшу принципі ауада қозғалу, ауадан ауыр және жеңіл ұшу апараттарының көмегімен орындалады. Ауадан жеңіл апараттармен ұшуды *ауадан қалқи ұшу* деп атайды. Ол апараттарға: әуе шары, аэростаттар және дирижаверлер жатады. Ауадан ауыр апараттарға жататындар: ұшақтар, тікұшақтар, зымырандар, ғарыштық ұшу апараттары және планета стансалары.

Ұшу аппараттарын ауаға көтеру үшін ауыр салмақ өтелу қажет, ол Жердің гравитациялық өрісінен болады. Ауыр салмақты өтеу үшін мынадай принциптер қолданылады: аэродинамикалық, реактивті (реостатты) аэростатикалық.

1. Аэростатикалық принцип – ұшу апаратының салмағы және одан шығатын ауа айырмашылығы есебінен құрылатын көтеру күш болып табылады. Ол ауаға қарағанда өте жеңіл газбен жүзеге асырылады. Ұшу апаратының салмағы оның шығарған ауасымен теңескенше, жоғарылаған сайын ауа тығыздығы төмендеп аппарат көтеріледі.

2. Реактивті принцип арнайы аппараттан шығатын газ желінің әсерінен көтеру күшін жасау болып табылады. Жабық құбырға газ толтырылған соң жарылып, жан-жаққа бірдей күшпен әсер етеді.

Аэродинамикалық принциптің мәні ауа ағынында аппараттың қозғалу нәтижесінде болатын көтеру күшін құру болып табылады. Көтеру күшін құрудың негізі Бернулли теңдеуімен сипатталады. Бернулли теңдеуі энергия сақталу заңына байланысты мынадай келесі түрде беріледі

$$P_1 + \frac{\rho \upsilon_1^2}{2} = P + \frac{\rho \upsilon_2^2}{2}, \qquad (6)$$

мұндағы Р–статикалық қысым (кг/м^2 ауа ағындарының параллель, пластикалық қысымы); $\frac{\rho \upsilon_1^2}{2}$ – динамикалық қысым – ауа ағынына перпендикуляр орналасқан пластинаға қысым; ρ – ауа массасының тығыздығы, ауырлық күштің үдеуі салмаққа қатынасы кг с^2/м^2; υ –

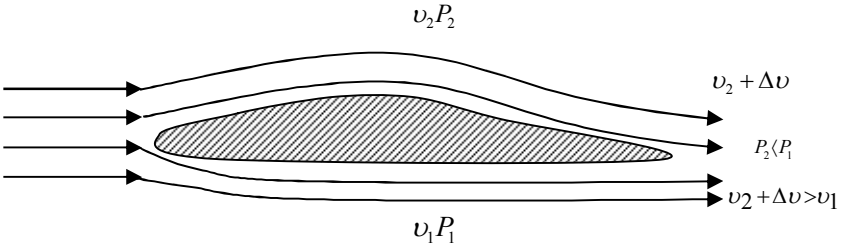
ауаның қозғалу жылдамдығы, м/с.

Ағынның көбеюіне байланысты жылдамдық азайып, қысымы көбейеді.

Ауа ортасымен дененің бетіне әсер ететін күшті *аэродинамикалық күш* деп атайды. Аэродинамикалық күш дененің үстіңгі, астыңғы, алдыңғы және артқы қысымының әр түрлілігінен және үйкеліс күшінің әсерінен туындайды. Дененің үстіңгі және астыңғы қысымының әр түрлілігі Бернулидің заңына сәйкес пайда болады.

Көтеру күшін құру принципі

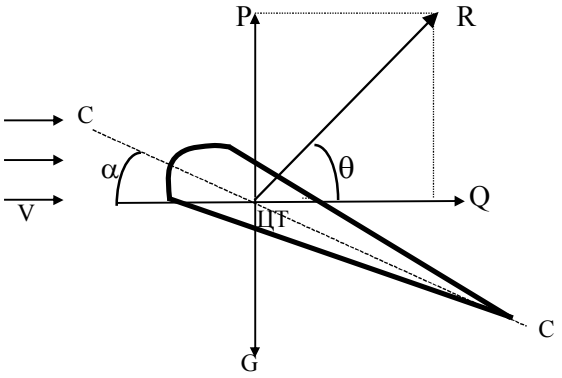
Дененің үстіңгі жағының дөңестігінен ауа ағыны денені жанап өтеді, яғни ағынның көлденең кескіні азайып, дененің астыңғы көлденең кескінінің ауданы өзгермейді (3-сурет).



3-сурет. Көтеру күшін құру принципі

Бернулли теңдеуіне байланысты жылдамдық көбейген сайын қысым азаяды. $P + \frac{\rho\upsilon^2}{2} = const;$ ендеше жылдамдық күші $\left(\frac{\rho\upsilon^2}{2}\right)$ өскен сайын стандарттық қысымның (Р) мәні азаяды, осыдан ($P_1 > P_2$) көтеру күші пайда болады. Қысымның дене алдындағы және артындағы айырмашылығы, ауаның дене алдында тежелуінен туындайды, осыдан жылдамдық азайып, қысым өседі. Өсу дәрежесі дененің бас бөлігінің пішініне байланысты болады.

Үйкеліс күші дененің әр қозғалысынан пайда болады және қозғалысқа қарама-қарсы жаққа бағытталған. Бірқалыпты әсер ететін аэродинамикалық күшті *толық аэродинамикалық күш* деп атайды (4-сурет).



4-сурет. Толық аэродинамикалық күш және оның орналасуы

Ц.Т. – барлық күштің тоғысу нүктесі. R – біркелкі әсер етуші аэродинамикалық күш (толық аэродинамикалық күш); Q – беттік кедергі, жинақталған ағынға параллель, дене қозғалысына қарам-қарсы бағытталған күш. P – көтеру күші – жинақталған ағынның бағытына перпендикуляр бағытталған; θ - сапалы бұрыш – толық аэродинамикалық күш R векторымен қарсы беттік күштің арасындағы бұрыш (толық аэродинамикалық күштің бағытын анықтайды); $K = tg\theta = \frac{P}{\theta} = \frac{C_y}{C_x}$ аэродинамикалық сапа; беттік қарсы кедергіден көтеруші күштің қанша есе көп екенін көрсетеді; λ_o- «алға ұмтылу» бұрышы – ауа ағынының бағытымен СС денесі хордасының арасындағы бұрыш. Ауа ағынына қатысты дененің бағытын көрсетеді.

Қарсы кедергінің күші аэродинамика формуласымен анықталады:

$$Q = C_x \cdot S \frac{\rho V^2}{2}; \qquad (7)$$

мұндағы C_x – аэродинамикалық беттік қарсы кедергінің коэффициенті, беттік кедергіге, дене пішініне, оның ағындағы беткі сипаттына (α_o) әсерін ескеру; S – ауамен ағатын дене ауданы; $\frac{\rho V^2}{2}$ - қысымның жылдамдығы.

Формуладан белгілі болғандай, беттік кедергі аэродинамикалық беттік кедергісінің коэффициентіне, дене ауданына және қысымдық жылдамдығына тура пропорционал.

Егер дүниежүзілік тартылыс күшіне қарама-қарсы бағыттағы күш

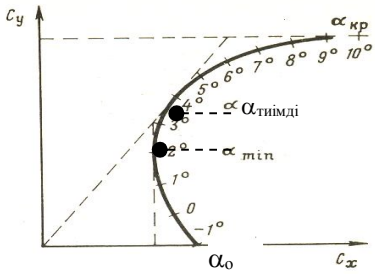
берілсе, дененің ауаға көтеріле алатындығы белгілі. Осындай күшті *көтеру күшін P* деп атайды. Көтеру күшін жасайтынды беттік жазықтық деп атайды. Көтеру күшінің мәні мынадай формуламен есептеледі:

$$Q = C_X S \frac{\rho V^2}{2}, \qquad (8)$$

мұндағы C_y – көтеру күшінің профильдік формасы және алға ұмтылу бұрышының әсерін сипаттайтын аэродинамикалық көтеру күшінің коэффициенті.

C_x және C_y коэффициентінің мәні әр жазықтық бет үшін әр түрлі алға ұмтылу бұрышымен аэродинамикалық труба жолымен анықталады. Алынған C_x, C_y коэффициентінің мәндері бойынша әр түрлі алға ұмтылу бұрышына қисық графигі салынады (5- сурет).

C_y – 1 : 0.1 масштабта вертикаль өсте салынады; C_x – 1 : 0.1 масштабта горизонталь өсте салынады, жазықтық бетінің поляры бойынша келесі алға ұмтылуды сипаттаушы бұрыштар анықталады.



5- сурет. Поляр

– α_o көтеру күшінің нөлдік алға ұмтылу бұрышы – көтеру күші, бұл кездегі көтеру күшінің коэффициенті $C_y=0$. Бұрыш мәні C_x осімен полярдың қиылысында орналасқан (α_o= - 2° – 0°С);

– α_{min} "алға ұмтылу" бұрышы – мұндағы C_x қарсы кедергі коэффициентінің ең кіші мәні; C_y осіне параллель өткізілген полярға жанама арқылы анықталады (+1° – 0°С);

– $\alpha_{тиімді}$ – ең тиімді "ұмтылу" бұрышы – мұндағы аэродинамикалық сапаның мәні максималды болады *(θ=max)*. Нүктеден координат басына келтіріліп, полярaға жанама арқылы анықталады. Жанама нүктесі $\alpha_{тиімді}$ – ге сәйкес (4° – 6°С).

– $\alpha_{шекті}$ – шекті бұрышы – мұнда көтеру күшінің коэффициенті ең жоғарғы мәнге жетеді. C_x - осіне (10^0–18 ^{0}С) параллель жүргізіліп, полярға жанама ретінде анықталады.

Поляра – алға ұмтылу бұрыштарының аэродинамикалық беттік

кедергісі және аэродинамикалық көтеру күші коэффициенттерінің тәуелді қисығы.

Жазықтық беттіктегі поляр бойынша көтеру күшінің ең тиімді және максималь коэффициентінің мәні анықталады.

Аэродинамикалық параметрлерді эксперимент жүзінде анықтау үшін қажетті ауа ағынын құратын арнайы "аэродинамикалық құбырлар" құрылғысы жасалады. Аэродинамикада алмасу принципі қолданылып, дәлірек айтқанда, аэродинамикалық күштің мәні, бағыты және орны ауамен денені жанап өтуіне немесе тынық ауада қозғалуына байланысты болмай, олардың салыстырмалы жылдамдығының мәніне және бағытына байланысты болады. Бұл принцип сынау процесін ұшу жағдайында орындамай, зертханалық жағдайда жасауға мүмкіндік тудырады.

2. 4. Әуе кемелерінің техникалық параметрлері

Ұшақ – ауадан ауыр және оның көтерілу күші ұшақ қанатымен құрылады да, қозғалтқыш әсерімен ауаға көтереді. Ұшақтың негізгі бөлшектері: қанаты, фюзельяж, жетекші жүйелері, қозғалтқыш (бір немесе бірнеше), шасси.

Ұшақ қанаты – планердің ең негізгі элементі. Ол ұшақты көтеру үшін және ауада ұшу кезінде ұшақты бір қалыпты ұстауға арналған. Сонымен қатар ұшу процесінде көлденең және ұзына бойы жетекшілігімен қамтамасыз етеді. Оның ішінде қозғалтқыш, жанармай бактары, шасси, құрал-жабдықтар орналасады. Қанаты мықты қаңқамен сыртқы қабаттан тұрады. Қанат механизациясы құралдар кешендерінен тұрады немесе топталған құралдарды құрайды. Олардың көмегімен көтеру күші жоғарылайды да, жылдамдық диапазоны кеңейеді, ал қону кезінде жылдамдық диапазоны азаяды.

Фюзельяж – ұшақ корпусы, оған оның қанаты, шасси, кей кезде қозғалтқыш орнатылады. Негізгі сипаттамалары: өлшемі, көлденең қимасының пішіні, қырынан қарағандағы түрі, ұзындығы.

Ұшақ қанаты – тұрақтылықты қамтамасыз етуге, бақылауға және оңай басқаруға арналған аэродинамикалық құрылғы; оның құрамына:

а) қозғалмайтын бөлшектен тұратын горизонталь қанаты – тұрақтандырғыш және қозғалатын бөлігінің рул биіктігі, олар ұшақты көлденең бақылайды және тұрақтылығын қамтамасыз етеді;

ә) вертикаль қанаты қозғалмайтын бөлшектен тұрады – киль және жылжымалы бақылау рулі, олар ұшақтың тұрақтылығын және бақылауын қамтамасыз етеді.

Шасси-ұшақтың жерде қозғалуына арналған. Басқару жүйесі (кабина) ұшақтың бас жағында орналасқан, ұшақты басқаруға арналған.

Қозғалтқыш құрылғылары фюзеляжда немесе қанатында орнатылуы мүмкін. Олар ұшаққа күш беру үшін қызмет етеді. Қозғалтқыштар поршеньді, турбалық және реактивтік болып бөлінеді.

2. 4. 1. Аэрофототүсіріс ұшақтарына талаптар

1. Ұшақта көлденең, ұзына бойы, ауа тұрақтылығы болуы қажет. Горизонталь ұшу деңгейі кезінде крен және тангаж бұрыштары 1–2^{o}С градустан аспауы қажет. Ұшу курсы ± 1^{o}С дәлдігін ұстануы қажет. Биіктік бойынша ауытқуы 0,01– 0,02 км-ден аспауы қажет.

2. Ұшақ жақсы жетекші қабілетке ие болып, яғни әр түрлі ұшу режиміне тез кіріп және шығуы қажет.

3. Штурман және пилот үшін олардың кабинасын жақсы көріну қабілетімен қамтамасыз ету керек.

4. Ұшақты қондыру жылдамдығы, қонғандағы жүру аралығы қысқа болу қажет.

5. Ұшақта жеткілікті диапазон жылдамдығы, бұрылу радиусы кіші, көтеру жылдамдығы жоғары, жанармай қоры жеткілікті және ұшу ұзақтығы үлкен болуы қажет.

6. Ұшақ жоғарғы дәлдіктегі радионавигациялық құрал-жабдықтармен қамтамасыз етілуі қажет.

7. Ұшақта аэрофототүсіріс құрал-жабдықтарын ыңғайлы орналастыруымен қамтамасыз ету қажет.

Әуе кемелерін таңдау кезінде түсіру масштабына, түсіру үлескілерінің пішініне аэрофототүсіріс жабдықтарының талаптарына байланысты болады.

Бақылау сұрақтары:

1. Көтеру күшін құру принципін атаңыз?
2. Көтеру күшін, аэродинамикалық құру принципінің негізін қалай түсіндіресіз?
3. Ұшақтың негізгі техникалық сипаттамаларын атаңыз.
4. Аэрофототүсірістік ұшаққа қандай талаптар қойылады?

3. НАВИГАЦИЯЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН ҚҰРАЛДАР

3.1. Аэрофототүсіріс кезінде ұшақты ұшыра білу

Негізгі навигациялық элементтерге мыналар жатады:

1) ұшақ бағыты (курсы);

2) ұшу биіктігі;

3) ұшу жылдамдығы.

Ұшақ бағыты дегеніміз – екі бағыт арасындағы горизонталь жарықтығының бұрышын, яғни бастапқы алынған есеппен ұшақтың көлденең осіндегі жазықтығына проекциясы. Ұшақ бағыты берілген бағыт бойынша, яғни қабылданған 1 есептен сағат тілі бойынша 0^o –ден 360^o – қа дейінгі ұшақтың көлденең осіне дейінгі қабылданған мәліметтер бойынша алынады.

Ұшақ бағытының түрлері:

Нақты бағыт (курс) деп нақты меридианның солтүстік бағытпен арасындағы ұшақ және ұшақтың көлденең осінің арасынан өтетін бұрышты айтады.

Магниттік бағыт деп бұл нақты меридианның солтүстік бағыттағы ұшақ және ұшақтың көлденең осінің арасынан өтетін бұрышты айтады.

Компастық курс – солтүстік бағыттағы компостық меридианмен ұшақ және ұшақтың көлденең осінің арасынан өтетін бұрыш.

Δк дегеніміз – компастық девиациясы, яғни солтүстік бағыттағы магниттік меридианмен компостық меридиан арасындағы бұрыш (+ ММ (магниттік меридианнан) шығысқа қарай;

Δ – вариация, солтүстік бағыттағы нақты және компасты меридиандар арасындағы бұрыш.

Компастық меридиан – сызық, оның бойымен ұшақта орналасқан компастың магниттік тілі орналасады.

ΔМ – магниттік ауытқу – солтүстік бағыттағы нақты және магнитті меридиандар арасындағы бұрыш (НМ (нақты меридианнан) шығысқа қарай, белгісі +).

Бағыттарды ауыстыру:

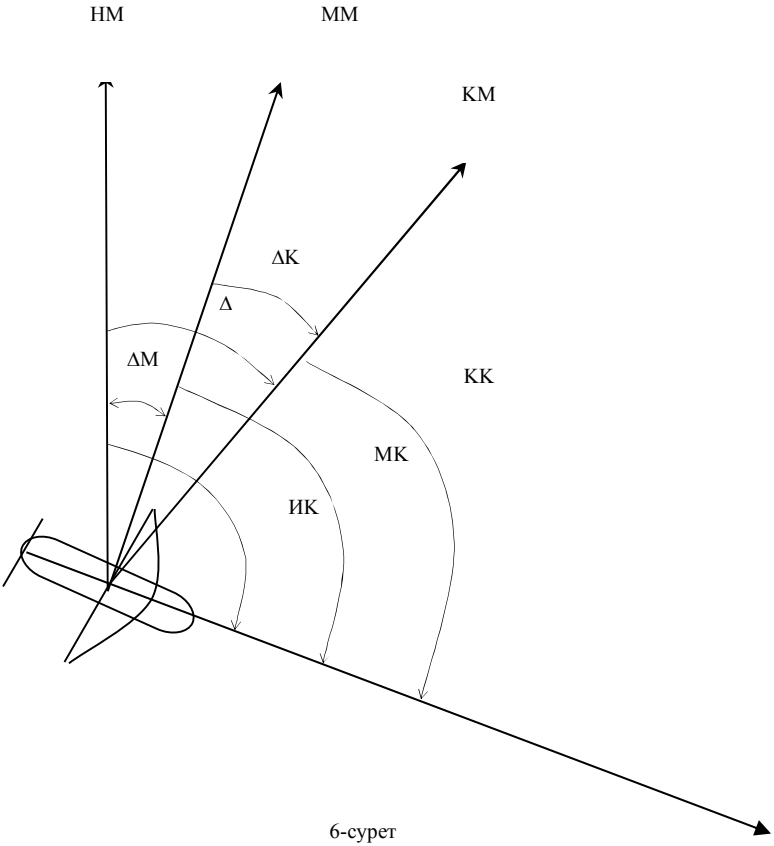
$МК = КК + (\pm \Delta К);$ $КК = МК - (\pm \Delta k).$

$НБ = МБ + (\pm \Delta м);$ $МБ = НБ - (\pm \Delta м).$

$НБ = КК + (\pm \Delta k) + (\pm \Delta m);$ $КК = НБ - (\pm \Delta м) - (\pm \Delta k).$

$НБ = КК + (\pm \Delta);$ $КК = НБ - (\pm \Delta).$

$\Delta м = НБ - МБ;$ $\Delta k = МБ - КК;$ $\Delta = НБ - КК.$



6-сурет

Ұшу жолының бұрыштары (ұшу бағытын анықтайды).

Ұшу жолының бұрыштары екіге бөлінеді:

1. Берілген магниттік жол бұрышы – бұл бұрыш солтүстік бағыттағы магниттік меридиан мен берілген бағыт арасындағы бұрыш.

2. Берілген нақты жол бұрышы – бұл бұрыш солтүстік бағыттағы нақты меридиан мен берілген бағыт арасындағы бұрыш.

Магниттік пеленг бағдары (НПО) – солтүстік бағыттағы магниттік меридиан мен бағдарлау арасындағы бұрыш.

Ұшу биіктігі

Ұшу биіктігі (Н) деп – бастапқы бір деңгейден бастап вертикаль бойымен есептелетін әуе кемесіне дейінгі аралықтағы ұшу биіктігін айтады.

Ұшу биіктігінің түрлері:

– нақты биіктік ($H_н$) – ұшып өтетін жерге сәйкес өлшенетін ұшу биіктігі;

– абсолюттік биіктік ($H_а$) – теңіз деңгейіне сәйкес өлшенетін ұшу биіктігі;

– барометрлік биіктік ($H_б$) – барометрлік биіктік өлшегіш (высотомер) шкаласында орнатылған атмосфералық қысымның изобаралық бетіне сәйкес өлшенетін ұшу биіктігі;

– салыстырмалы барометр биіктігі ($H_о$) – ұшатын немесе қонатын аэродром қысымына сәйкес өлшенген барометр биіктігі;

– келтірілген барометрлік биіктік ($H_{келтр}$) – теңіз деңгейіне келтірілген трассадағы *min* қысымға сәйкес барометр биіктігі;

– шартты барометрлік биіктігі (H_{760}) – стандартты қысымға (760 мм сын.бағ.) сәйкес, шартты деңгейге сәйкес өлшенетін биіктік.

Ұшу жылдамдығы

Ұшу жылдамдығын білу, аспанда ұшақты қалқыта ұстаумен ұшақты ұшыра білу үшін де қажет. Егер ұшақтың ұшу жылдамдығы шекті жылдамдықтан төмен болған жағдайда, онда ұшақ басқарылуы мен тұрақтылықтан айырылады. Ал ұшу жылдамдығы шекті жылдамдықтан жоғары болған жағдайда, ұшақтың бұзылу қаупі бар. Ұшақты ұшыру мақсатында ұшу жылдамдығын білу үшін, әр түрлі навигациялық есептерді орындау қажет. Ұшу жылдамдығын әуелік және ұшу жолы деп бөледі.

Ауа жылдамдығы (V) – ұшақ жылдамдығының ауа ортасына салыстырмалы түрдегі қатынасы. Ол қозғалтқыштың тарту күшінің әсерінен туындайды. Ауа жылдамдығы ұшақтың аэродинамикалық сапалығына, оның ұшу салмағына және ауа тығыздығына байланысты болады.

Ауа жылдамдығы екі түрге бөлінеді:

- Аэродинамикалық әдіспен өлшенген *аспаптың ауа жылдамдығы* қарсы ауа ағынының қысымын өлшеуге негізделген.

Жылдамдық қысым шамасы мына формулалармен өрнектеледі:

$$q = \frac{\rho V^2}{2}, \qquad (9)$$

мұндағы - $\rho = 0{,}125 кгс*с^2/м^4$.

Ұшу биіктігі жоғарылаған сайын ауа тығыздығы және оның сығымдылығы өзгереді. Сондықтан әр биіктігі бірдей жылдамдыққа нақты ұшу жылдамдықтары сәйкес келеді.

- *Нақты ауа жылдамдығы* – құралдық және әдістемелік қателерді ескере отырып, аспаппен өлшенген ауа ортасына қатысты ұшу жылдамдығы.

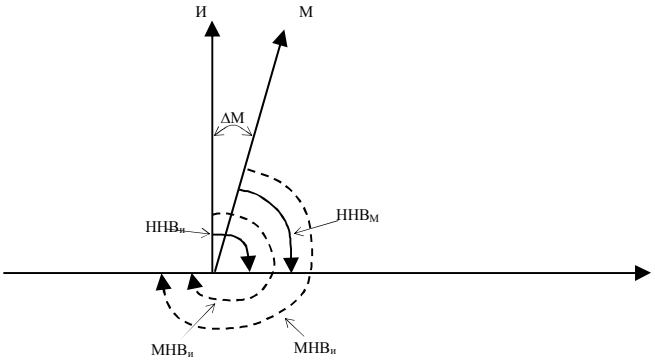
$$V_П = V_{ПР} + (\pm \Delta V_П) + (\pm \Delta V_П); \qquad (10)$$

Жол жылдамдығы W – жол бетіне қатысты ұшу жылдамдығы. Оның мәні ұшақтың ауа жылдамдығына, желдің жылдамдығына немесе бағытына байланысты. Навигация мақсаты үшін қолданылады.

Ұшақтың ұшуына желдің әсері

Жел бағыты туралы екі түсінік бар (ЖБ):

Желдің навигациялық бағыты – есептелген бағыттың басы мен жел соғып тұрған нүктенің бағыты арасындағы бұрыш. «Штурманның» есептеулерінде қолданылады. Есеп сағат тілінің бойымен есептеледі ($0^0 – 360^0$).



7-сурет

Желдің метеорологиялық бағыты – жел соғып тұрған нүктенің бағыты мен меридианның солтүстік бағыты арасындағы бұрыш. Метеорология желдің бағыты, желдің навигацияның бағытына немесе керісінше ауысуы мынадай формула арқылы орындалады:

$$НВВ=МВВ\pm180^0$$
$$МВВ=НВВ\pm180^0.$$

Егер МЖБ немесе НЖБ 180^0 –ден аз болса, онда (+) белгісі алынады, егер 180^0-тан көп болса, (–) белгісі алынады.

Жылдамдықтың навигациялық үшбұрыштары

Ауа массасына қатысты ұшақ ауа жылдамдығымен өзінің көлденең осі бойынша жылжиды. Жел әсерімен, ауа массасымен бірге қозғалып және оның жылдамдығы бойынша орын ауыстырады. Жер бетіне қатысты ұшақтың ауада қозғалу нәтижесінде бірдей әсерлі ұшақтың

және желдің жылдамдығы туады. Ауа жылдамдығының векторымен бағытталған, жылдамдығы желдің жылдамдығынан пайда болған үшбұрышты *навигациялық үшбұрыш* деп атайды.

Әрбір вектор бағыты және шамасымен сипатталады. Ауа жылдамдығының векторы дегеніміз – ауа массасына қатысты ұшақтың бағыты және қозғалу жылдамдығы. Оның бағыты ұшақтың курсымен анықталады. Ал шамасы ауа жылдамдығының мәнімен сипатталады.

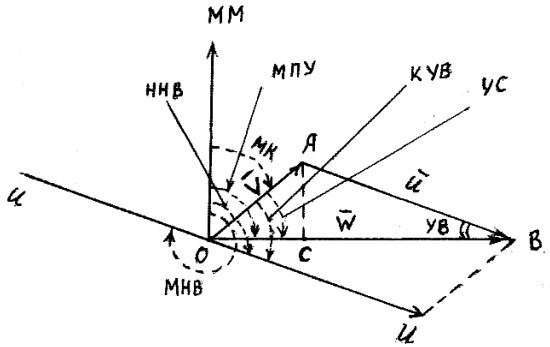
Арнайы бір бағыттағы жылдамдықтың векторы дегеніміз - ұшақтың жер бетіне қатысты бағыты мен қозғалу жылдамдығы. Оның бағыты арнайы бір бағыттың бұрышымен анықталады, ал шамасы арнайы бір бағыттың жылдамдығының мәнімен сипатталады. *Жел векторы дегеніміз* – жер бетіне қатысты ауа массасының бағыты және қозғалу жылдамдығы.

Навигациялық үшбұрыш жылдамдығының элементтері:

$М_к$ - ұшақтың магниттік курсы; V – ауа жылдамдығы; $М_{пу}$ – магниттік бағытталған бұрыш; W – бағыттың жылдамдығы; ННВ – желдің навигациялық бағыты; V – жел жылдамдығы; АБ – ауытқу бұрышы; ЖБ – жел бұрышы; ЖКБ – желдің курстық бұрышы.

ФМПУ – солтүстік бағыттағы магниттік меридиан мен нақты бағыт сызығының арасындағы бұрыш;

УС – ұшақтың көлденең өсі мен бағыт сызығы арасындағы бұрыш. Ұшақтың ұзына бойы осінен ұшу жолының өсіне дейін, оңға «+» және солға «-» таңбамен есептеледі;



8-сурет

УВ – бағыт сызығы мен навигациялық жел бағыты арасындағы (нақты немесе берілген) бұрыш; яғни бағыт сызығынан бастап, жел бағытына дейін сағат тілі бойымен 0^o – 360^o -қа дейін есептеледі.

КУВ – бұл ұшақтың көлденең осі мен навигациялық жел арасындағы бұрыш. Ұшақтың ұзына бойы осінен жел бағытына дейін, сағат тілі

бойымен 0^o – 360^o -та есептеледі (8-сурет).

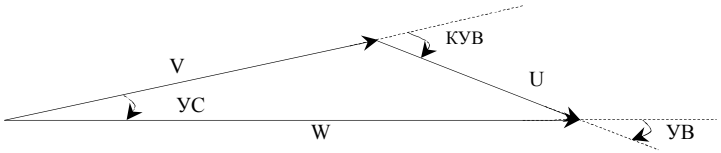
Навигациялық үшбұрыштар жылдамдығы элементтерінің арасында мынадай байланыс бар:

МК=МПУ – (±УС); *ОС=V Cos УС*
МПУ=МК+(±УС); *СВ =UCos УВ*
УС=МПУ – МК *W=VCos УС +UCosУВ*
УВ=МНВ+180^0-МПУ; *МНВ=МПУ+УВ±180^o*
КУВ=УВ+(±УС).

Навигациялық үшбұрыштың жылдамдығын анықтау.

НҮЖ анықтау дегеніміз – бұл оның белгілі элементтері бойынша белгісізді анықтау; яғни ол графикалық түрде навигациялық сызғыш көмегімен жүзеге асырылады. НҮЖ қиғашбұрышты үшбұрышты бейнелейді және ол синустар теоремасы бойынша анықталады.

SinУС/U = SinУВ/V = SinКУВ/W



9-сурет

Әуедегі суретке түсіру аралығы $t_ф$ – суретке түсіру базисінің ұшып өту уақыты, яғни тізбектей жасалған екі аэросурет ортасының аралығы B_x.

Штиль кезінде ұшу $t_ф = \frac{B_x}{V}$.

Кез келген бағыттағы желде ұшуда $t_ф = \frac{B_x}{W}$

$t_ф$ – тікелей ұшу кезінде навигация немесе түсіріс көздеуіштерімен анықтайды.

Бақылау сұрақтары:

1. Ұшудың навигациялық элементтерін атаңыз.
2. Ұшақ курсы және оның түрлеріне анықтама беріңіз.
3. Ұшақ жылдамдықтарының түрлері және оларды қолдану.
4. Ілгері кету бұрышы дегеніміз не?
5. Навигациялық жылдамдықтар үшбұрышы қандай векторларды құрайды?
6. Ұшу биіктік түрлері?
7. Суретке түсіру интервалы деген не?

4. АЭРОФОТОТҮСІРІСТІҢ ПЛАНДЫҚ ТОПОГРАФИЯЛЫҚ НЕГІЗГІ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

4.1. Аэрофототүсіріс түрлерінің классификациясы

Аэрофотосуреттердің саны және орналасуы бойынша:

- АФТ – бір ретті, бұл кезде бір немесе бірнеше өзара қабаттаспайтын аэросуреттер жүргізіледі;
- маршрутты – АФТ, ұшу бағыты бойынша бір түзудің бойымен, әуе кемесімен орындалған өзара қабаттасатын бірқатар аэросурет алу;
- аудандық – жер беті үлескісін бір аэросуретпен, ұзындығы және ені бойынша АФТ түсіру - өзара қабаттасатын маршруттармен бірқатар түзусызықты параллельдер жүргізе отырып орындау.

Аэрофотоаппараттың оптикалық осі бойынша:

- пландық – АФТ, бұл кезде АФА-ны негізгі оптикалық вертикалімен дәл келеді немесе одан аздап ауытқиды;
- перспективті – АФТ, бұл кезде АФА-ның негізгі осі вертикаль оске қарағанда 3^0-қа ауытқиды.

Әуеде суретке түсіру масштабы бойынша:

- ірі масштабты (1:10 000 – ға дейін);
- орта масштабты (1:11 000 – нан бастап 1: 35 000 – ге дейін);
- ұсақ масштабты (1: 35 000 –нан кіші) болады.

Қолданылатын аэрофотопленка түрі бойынша:

ақ-қара; түрлі түсті; спектрлі зоналы болады.

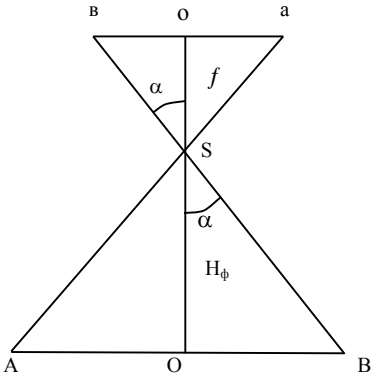
Әуеде суретке түсіру масштабы. Әуеде суретке түсіру масштабы аэрофотоаппарат объективі фокустық аралығының *f,* үлескінің орташа биіктігі жазықтығының $H_ф$ суретке түсіру биіктігінің қатынасына тең.

$$\frac{1}{m_c} = \frac{f}{H_Ф}. \qquad (11)$$

$$tg\alpha = \frac{\text{âî}}{f}; \quad âî = tg\alpha \cdot f; \quad âà = 2ftg\alpha$$

$$tg\alpha = \frac{OB}{H_ô}; \quad Î\,Â = tg\alpha \cdot Í_{\,ô}$$

$$ÀÂ = 2Í_{\,ô} \cdot tg\alpha.$$



10-сурет

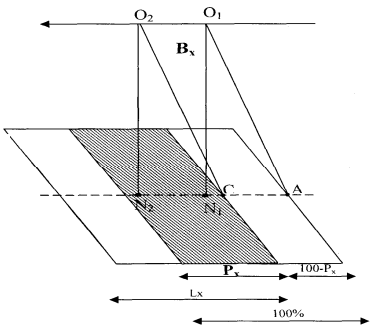
Аэросуреттерді ұзына бойы қабаттастыру және суретке ұзына бойы түсірудің базисі

Аэросуреттердің қабаттасуы деп жергілікті бір ғана жер көрінісінің көршілес қабаттасып жатқан аэросуреттер бөлігін атайды.

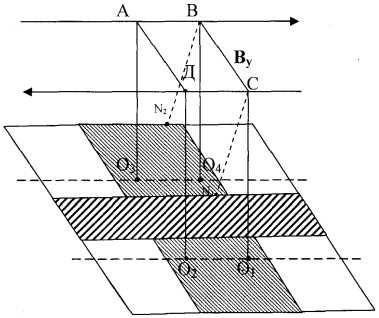
Маршрут бағытындағы аэросуреттердің қабысуын ұзына бойы P_X деп атайды. Берілген бағытта әуеде P_X, суретке түсіру үшін бір аэросурет пен екінші аэросурет аралығы арнайы арақашықтықта болуы қажет, яғни оны әуеде суретке түсірудің B_X *ұзына бойы базисі деп атайды.*

Екі экспозиция арасындағы ұшу уақытын әуеде суретке *түсіру интервалы* деп атайды (11-сурет). Суретке ұзына бойы түсірудің базисі кадр форматына l_x, түсіріс масштабына m_c байланысты және мынадай формуламен есептеледі

$$B_X = \frac{l_x(100 - P_X)}{100} m_c. \qquad (12)$$



11-сурет



12-сурет

Аэросуреттерді көлденеңнен қабаттастыру және суретке түсірудің көлденең базисі. Аэросуреттерді көлденеңнен қабаттастыру деп аэросуреттердің перпендикуляр маршруты бағытына (P_y%) қабаттастыруын айтады (12-сурет). Түсіріс маршруттар аралығы – әуеде суретке түсірудің көлденең базисі (B_Y) мынадай формуламен есептеледі

$$B_Y = \frac{l_y(100 - P_Y)}{100} m_c. \qquad (13)$$

Суретке түсіру кезіндегі ілгері кету бұрышының салдары суретке түсіру *базисінің аэросурет бетінде параллель еместігін тудырады* (оны орысша *«Елочка» деп атайды*).

Ілгері кету бұрышы – ұшақтың ұзына бойы осімен берілген ұшу жолының арасындағы бұрыш. Нақты ұшу жолының берілген ұшу жолымен дәл келуі үшін ұшақты ілгері желден кері бағытта бұру қажет. Суретке түсіру *базисінің параллель еместігін* жою үшін аэрофотоаппарат бекітілетін аэрофотоқұрылғыны ілгері кету бұрышының мәніне қарай бұрады.

Аэрофототүсіріс кезіндегі ұшу траекториясы. Берілген жергілікті жерді аэрофототүсіріске түсіру кезінде ұшу траекториясын – аэросуреттерді фотограмметриялық өңдеу технологиясын және аэросуреттердің өзара орналасу талаптарын, сонымен қатар фотограмметриялық аспаптардың техникалық мүмкіндіктерін анықтайды.

Ұшу траекториясы екі үлескіден тұрады: аэрофототүсірістік маршрут және бұрылу кезекті маршрутты қайта бастаудан тұрады.

Түсіру маршрутына қойылатын талаптар: аэротүсіріс маршрутында ұшақ суреттің ұзына бойы жағында суретке түсіру базисінің параллельдігін қамтамасыз ету үшін бірқалыпты түзу және горизонталь ұшуы қажет; қосарланған маршруттар көлденең беттесудің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін өзара параллель болуы қажет.

Алаңдарды АФТ карта жасау мақсатында түсіру кезінде, түсіру маршруттарының бағыты 90° және 270° курсымен (батыс-шығыс) немесе солтүстік-оңтүстік параллельдер бойынша жобаланады. Кейбір жағдайларда АФТ параллельді маршрутпен кездейсоқ бағытта сонымен қатар берілген осі бойынша (бағытпен) жүргізіледі.

4.2. Аэрофототүсіріс материалдарына қойылатын талаптар

4.2.1. Аэрофототүсіріс материалдарына қойылатын техникалық талаптар

АФТ материалдарының МЕСТ ретінде Қазақстан аумағында *«Топографиялық карта мен план жасауда және жаңартуда орындалатын аэрофототүсіріс бойынша негізгі ережелер (қағидалар) ГК и НП 09-32-80»*

қолданылады. Бұл нұсқауда АФТ бойынша жұмыстардың орындалу мәліметтері және 1:100 000 масштабтағы топографиялық карта және пландарды жасау кезіндегі АФТ материалдарының техникалық талаптары көрсетілген.

Аэрофототүсіріс жұмыстарын басқа мақсатта орындау кезінде, түсіріс материалдарына техникалық талаптарды тұтынушылар көрсетеді.

Аэрофототүсіріс объектісі – арнайы шекарасы көрсетілген жердің улескісі. Алаңдық АФТ кезінде объект шекарасы топографиялық картаның номенклатурасымен беріледі, маршруттық түсіріс кезінде – маршруттар топографиялық картада көрсетіліп, тұрғынды жер шекарасының түсірісін тапсырыс беруші айтады: 1 – 2 рет ұшу кезеңінде түсіруге болатын үлкен объектілер ең кіші улескілеріне бөлінеді. Ең кіші түсіріс улескілерінің пішіні жасалатын картаның масштабына байланысты (6-кесте).

6- кесте

Жасалатын картаның масштабы (план)	**Ең кіші улескінің пішіні (маршруттың бағыты бойынша)**
1: 100 000	1: 100 000 масштабтағы екі трапеция
1: 50 000	1: 100 000 масштабтағы бір трапеция
1: 25 000	1: 50 000 масштабтағы бір трапеция
1: 10 000	1: 25 000 масштабтағы бір трапеция
1: 5 000	1: 10 000 масштабтағы бір трапеция
1: 2 000	1: 5 000 масштабтағы бір трапеция
1: 1000 және 1: 500	1 км^2-ден кіші болмауы қажет

Картадағы берілген сызықтардан нақты маршрут остерінің шекті ауытқуы маршруттық түсіріс кезінде немесе берілген бағыт бойынша аэрофототүсірістің масштабына байланысты (7-кесте).

7 – кесте

АФТ масштабы	**Карта масштабы**	**Маршрут ұзындығы, км**	**Шекті ауытқуы, мм**
1 : 25 000 кіші	1:100 000	100-ге дейін	15
1 : 25 000-1:15 000	1: 50 000	50 – ге дейін	20
1 : 55 000 – 1:8 000	1:25 000	25 – ге дейін	25

Аэрофототүсіріс маршрутына қойылатын талаптар:

Маршруттар берілген шектеудің ішінде минимальды және максимальды ұзына бойы қабаттасатын аэросуреттер және аралас маршруттар бойынша өзара параллель болуы қажет.

8 –кесте

АФТ масштабы	**P_y , есептеу %**	**P_y, min %**	**P_y max %**
1 : 25 000 кіші	$30+70\frac{h}{H}$	20	P_y , есептеу +10
1 : 25 000 - 1:10 000	$35+65\frac{h}{H}$	20	P_y , есептеу +15
1 : 10 000 ірі	$40+60\frac{h}{H}$	20	P_y , есептеу +20

а) маршруттардың бір түзудің бойында болмауы;

ә) объектің ұзына бойы шегі аэросуреттің 0,5%-ын ғана қамтиды (яғни маршрут осі объектінің ұзына бойы шегінен өтеді);

б) объектінің көлденең шегі 1,5–2 % бойы суретке түсіру базисімен (B_x) қамтылады. Яғни маршрут объектінің көлденең шегімен үш суретке ие болады.

Бақылау сұрақтары:

1. Аэрофототүсіріс түрлері қалай жіктеледі?
2. Аэрофототүсіріс масштабы қандай параметрлермен байланысты?
3. Ұзына бойы суретке түсіру базисі қандай параметрлерге байланысты?
4. Көлденеңнен суретке түсіру базисі қандай параметрлерге байланысты?
5. Аэрофототүсіріс кезеңдерін ата?
6. Әуе трассасы деген не?

5. АЭРОФОТОТҮСІРІС ПРОЦЕСІ

5.1. Аэрофототүсіріс жұмыстарын техникалық жобалау

Аэрофототүсірістің техникалық жобасы – жазғы уақыттағы берілген объектінің фотоматериалдар және аэрофототүсірістің техникалық параметрлерінің шығынын анықтайтын құжат.

5. 2. Техникалық жобаны жасауға арналған негізгі техникалық мәліметтер

Объектіде жүргізілетін аэрофототүсірістің техникалық параметрлерін тапсырыс беруші анықтайды және оның құрамына мыналар кіреді: АФТ масштабы, аэрофотоаппараттың (АФА) фокустық аралығы, АФА түрі, АФА кадр форматы, аэрофотопленканың түрі, объектінің орналасуы, қону аэропорты; әуе кемесінің (ӘК) техникалық сипаттамасы (крейсерлік жылдамдық, биіктікті алу жылдамдығы, бір рет ұшудың жылдамдығы, минимальды бұрылу радиусы). МЕСТ бойынша аэрофототүсіріс материалдарына техникалық талаптар (Рх, Ру, объект шекарасын қамтамасыз ету және т.б.с.).

Техникалық жобаның бөлімдері.

Жоба мынадай бөлімдерден тұрады:

I тапсырма.

II бастапқы мәліметтер.

III түсіріс улескілерінің орналасу сызбанұсқасы.

IV ұшу уақытының өнімділігі, түсіріс санын есептеу.

V фотоматериалдардың санын есептеу.

I-бөлім – тапсырма: аэрофототүсіріске түсірілетін объектінің техникалық параметрлерін, жұмыс көлемін анықтау.

Тапсырыс беруші және объект шифры.

Аэрофототүсіріс материалдарын ыңғайлы есептеу үшін әр түсіріс объектісіне шартты шифр белгіленеді, ал шифрдың өзі әліппенің басты баспа әрпі мен реттік санынан тұрады. Сонымен бірге кәсіпорынның аты жазылады.

Объект шифры Б-691.

Тапсырыс беруші **:** «Узбгеодезия».

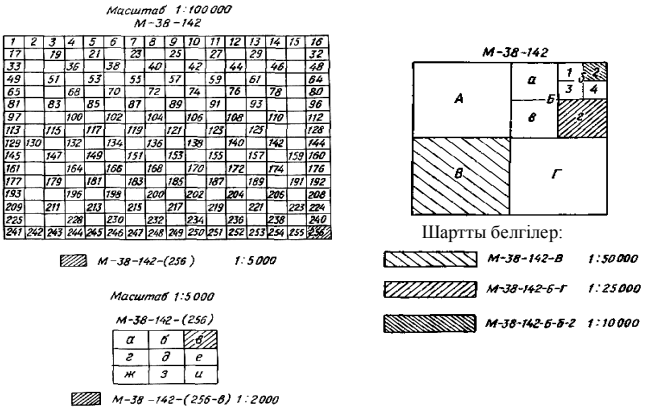
1.Техникалық жоба – аэрофототүсіріс жұмыстарын орындау мен жобалаудың экономикалық көрсеткішін анықтайтын негізгі құжат: жұмыстың мөлшері, ұшу уақытының өтуі, өндірістік негізгі материалға сұраныс, жұмыстың келісімді бағасы.

Жоба – келісім бойынша әр объектінің аэрофототүсіріс жұмыстары басталуынан және аэрофототүсіріске техникалық талаптар мен «Техникалық жобаны құру әдістерінен» басталады.

Тапсырыс беруші және объект шифры

Аэрофототүсіріс материалдарын тиімді есептеу үшін әр түсіріс объектісіне шартты шифр белгіленеді, ал шифрдың өзі бас баспа әрпі мен реттік санынан тұрады. Сонымен бірге кәсіпорынның аты жазылады.

Жұмыстың мөлшері түсіріліп жатқан объекті ауданының (км^2) өлшемімен анықталады және көптеген жағдайда 1:100 000 масштабы бойынша топографиялық картаға түсіріледі. 1:5000 және одан ірі масштабты аэрофототүсіріс 1:50 000 және одан ірі масштаб бойынша топографиялық карта құрылады. Бұл объект контуры мен түсіріс маршруттарының дәлдігін дәл көрсетуге мүмкіндік береді. Егер объект шекарасы топографиялық карталардың стандартты трапецияларына сәйкес келсе, онда объект ауданы «Аэрофототүсіріс жұмыстарын жүргізу» оқу құралынан алынады.



13-сурет. Аэрофототүсіріс масштабы

Аэрофототүсірістің масштабын – ұшу аппаратының параметріне, жер бедеріне, аэрофотоаппараттың фокустық арақашықтық пен аэрофототүсіріс мақсатына байланысты тапсырыс берушінің өзі белгілейді. Аэрофототүсірістің масштабы – 1:14 000.

Аэрофотоаппарат түрі, фокустық арақашықтығы және кадр форматы

Тапсырыс беруші аэрофототүсіріс мақсатына байланыссыз аэрофотоаппарат (АФА) түрін, фокустық арақашықтық пен кадр форматын таңдайды. Әдетте, аэрофотоаппараттың атауы мағлұмат бере алады. Мысалы, ТАФА-10 аббревиатурасынан топографиялық АФА және фокустық арақашықтығы 10 см екенін шифр арқылы білуге болады. АФА-ның әріптерінен

кейінгі сандар фотокамера объективінің фокустық ара қашықтығын немесе кадр форматын білдіреді.

АФА - ның негізгі түрлері және олардың техникалық сипаттамалары 9-кестеде көрсетілген.

9-кесте

АФА түрі	Fк, мм	Жасап шығарушы	Кадр форматы	Бейне ауыткуы	Рұқсат етілетін мүм. мин/мм	Дисторсия
АФА-ТЭ	70,100, 140,200, 350	Ресей	18*18	жоқ	25– 40	0.01
АФА-ТЭС	50,70,100	Ресей	18х18	жоқ	55–90	0,01
ТАФА-10	100	Беларусь	18х18	жоқ	55	0,01
RC-30	150	Leica	23х23	бар	120	0,003
RMK-Top	150	Zeiss	23х23	бар	120	0,003

МЕСТ

А қосымша бетінің 4 пунктінде МЕСТ аты көрсетіледі және осы арқылы объектіге аэрофототүсіріс жүргізіледі. Бұрынғы КСРО шекарасында МЕСТ негізі ретінде «Топографиялық карта мен пландарды құру немесе жаңарту жұмыстарындағы аэрофототүсіріс бойынша негізгі жағдайлар (ГКИНТ-09-32-80)» қысқартылып жазылғанда, ОПА-80 аэрофототүсіріс басқа параметр бойынша алынса, онда түзетулер келісімшартта көрсетіледі.

Аэрофотопленка түрі

А қосымша бетінің 5 пунктінде: аэрофотопленка түрі, қосымша техникалық шарттар, МЕСТ бойынша тапсырыс берушімен бекітілген және қосымша арнайы құралдардың қолданылу қажеттігі көрсетілген.

Орындалатын тапсырмаларға байланысты қара-ақ пленка (Agfa Aviphot PAN 200, түрлі түсті пленка (KODAK AEROCOLOR III Negative Film 2444) немесе спектрлізоналы (СН-6, Kodak AEROCHROME II Infrared Film 2443) қолданылады.

Аэрофотопленкалардың ОПА-80 негізгі сипаттамалары «Аэрофототүсіріс жұмыстарын жүргізу» оқу құралының 5-бөліміндегі 11–12 кестелерде көрсетілген.

Тапсырыс берушіге өткізетін материалдар

А қосымшасының 6 пунктінде тапсырыс берушіге өткізетін түсіріс материалдары жазылған. Материалдар МЕСТ (ОПА-80) немесе келісім шартқа сай орындалған.

II. бөлім

Есептеу үшін бастапқы мәліметтер

Объектінің орналасу орны

Б қосымша бетінің 1–пунктінде 1:1 000 000 масштабты картаның номенклатура парағы немесе әкімшіліктік аймақ бойынша түсіріс объектінің орналасу орны көрсетіледі. Қосымша бет ретінде картограмма құрылады (В қосымша беті).

Объект картограммасы аэрофототүсіріс объектісінің негізгі мәліметтерінен тұрады:

- объект шифры;
- түсіріс масштабы;
- АФА түрі;
- аэрофотопленка түрі;
- арнайы аспаптарды қолдану (радио биіктік өлшеуіш - РВ статоскоп - СТ);
- объект ауданы км^2;
- карта трапеция парағы 1:100 000 және одан ірі, осы шекарада орналасқан (К-44-50,51) объектісі.

Түсіріс объектісі ОПА-80 (п.2.1 кесте) бойынша мынадай түсіріс объектілеріне бөлінеді. 1:100 000 масштабты картаның трапеция парағы объекті шекарасының қажетті масштабтағы трапеция рамасына сай келмейінше одан да ірі масштабқа бөліне береді.

Түсіріс үлескісінің және объектің ауданын есептеу үшін, орналасқан объектің сүлбесінің қатарына трапеция ауданының кестесі сызылады. Мысал бойынша ең жоғарғы қатардағы 1:25 000 масштабтағы бір трапецияның ауданы 94,93 м^2, екінші қатардағы 1:10 000 масштабтағы трапецияның ауданы 23,74м^2 және т.б.

Әуе кемесінің түрі

В қосымша бетінің 2 пунктінде аэрофототүсіріске қажетті ұшу аппараттарының түрлері көрсетілген. Ұшу аппараттарының түрі көбінесе түсірістің абсолюттік биіктігіне байланысты таңдап алынады. Ірі масштабты түсірісте (100 – 500 м) 5 т-ға дейін жеңіл ұшақтар қолданылады. ТМД аумағында көбінесе АН-30 ұшағы қолданылады. Түсірісте негізделген ұшу кемесінің техникалық сипаттамалары 10-кестеде келтірілген.

Түсіру биіктігі

В қосымшасының 3 пунктінде орташа биіктікте аэрофото түсіріс кезіндегі ұшу биіктігі мына формуламен есептеледі:

$$H_ф = f\,m\,, \qquad (14)$$

мұндағы f – АФА-ның фокустық арақашықтығы; m – аэрофототүсірістің масштабының бөлімі.

Әуе кемесінің техникалық сипаттамасы

10-кесте

Ұшу аппараты-ның түрі	Ұшу массасы, т	Ең жоғарғы биіктігі, км	Ұшу ұзақтығы сағ	Жылдамдық диапазоны, км/сағ	Максималды ұшу ұзақтығы км
АН - 30	23,0	8,0	5,5	340-450	2300
Ан - 2	5,2	4,5	7,0	150,250	1200
Ми - 8	12,0	6,0	5,0	200,220	1100
Ка - 26	3,2	3,0	3,5	140	400
Ту-134сх	47,2	11,6	4,5	750-850	3600
Cessna 337	2,0	8,9	6-8	100-300	1900-2500
Commander 690A	4,6	10,0	5-6	320-530	3000

Аэрофототүсіріс күндерінің саны

В қосымшасының 4 – пунктінде тапсырыс берушінің бекітілген түсіріс күндері көрсетіледі. Қажетті деректерді "Руководства по аэрофотосъемочным работам" оқу құралының 14-қосымшасынан алады.

Әуе жай

В қосымшасының 5 пунктінде ұшу, қону әуежайы көрсетіледі, ол көбінесе түсіріс өткізіліп жатқан жерге жақын орналасады. Ұшақтың техникалық параметріне сәйкес ұшу-қону желісі бар әуежай таңдап алынады. Сонымен бірге, әуежайдан ұшу және қонудың барлық уақыты ұшу кемесінің максималь ұшу ұзақтығынан аз болуы қажет.

Жұмыс мерзімі

6 – пункте аэрофототүсіріс объектісінің орындалу мерзімі көрсетіледі.

III. бөлім.

5.1.3. Түсіріс үлескілерлерінің орналасу сызбанұсқасы

Ең кіші түсіріс үлескілерінің орналасу сұлбасы

Түсіріс улескілерінің (ТУ) орналасу сұлбасын құру үшін, ОПА-80 (2п.1-кесте) талаптарына сай орындалған объект картограммасының көшірмесін (3.1п. В қосымшасы) қолдануға болады.

Алдымен объектінің контурын белгілі масштаб бойынша трапеция шекарасының ең кіші түсіріс үлескілеріне бөледі.

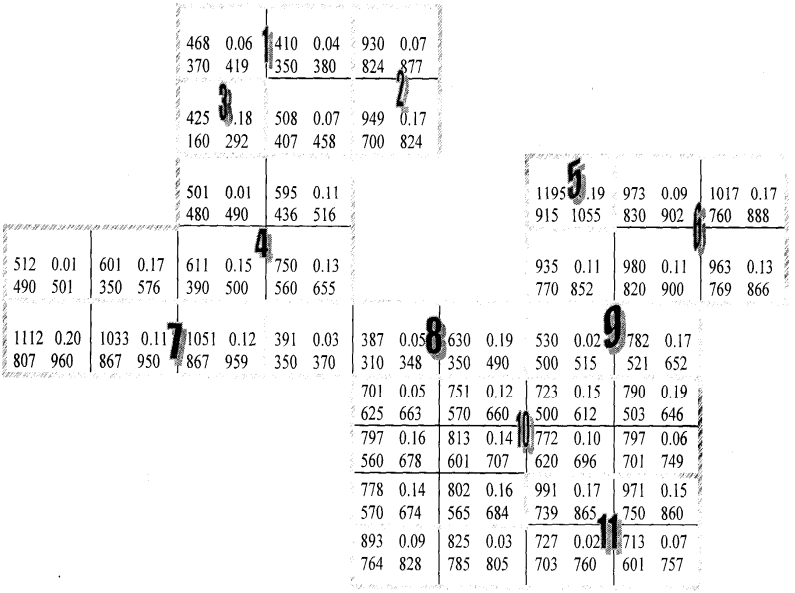
Әрбір ең кіші түсіру үлескісін реттік нөмірмен белгілейді. Содан кейін топографиялық карта бойынша жер бедерінің A_{min} және A_{max} абсолюттік мәні таңдалады. Одан кейін жер бедерінің орта мәні $A_{орта}$

мынадай формула бойынша есептеледі

$$A_{орта} = (A_{min} + A_{max})/2 \qquad (15)$$

Объекті түсіру үлескілеріне бөлу

ОПА-80 п.2.3. сай, ең кіші түсіріс үлескілерін біріктіреді, топографиялық карта бойынша бедер биіктігінің максималь және минималь абсолюттік мәндері таңдалып, олардың орташа мәндері есептеледі.



14-сурет. Түсіріс объектісінің картограммасы

Содан кейін минималь түсіріс үлескілері МЕСТ бойынша құралған критерийлер негізінде біріктіріледі (егер ең кіші түсіріс үлескілерінің орта биіктіктерінің айырмашылығы болған жағдайда, таулы жерлерде $0{,}2H_ф$, ал жазық жерлерде $0{,}1H_ф$ коэффициенттері пайдаланылады). Әрбір түсіріс үлескісіне таңдау жүгізеді (14-сурет): бедердің абсолюттік биіктігі (максималь, минималь, орташа), үлескінің орташа жазықтығының үстінен түсірілген биіктік, үлескідегі абсолюттік биіктік.

Ең кіші түсіріс үлескілерін түсіру үлескілеріне біріктіру нәтижелері мынадай кестеде толтырылады.

Түсіру үлескілері бойынша мәліметтер К-Б

11-кесте

ТУ	ЕКТУ	$А_{орта}$ м	h,м	$h/Н_ф$	$Н_ф$	$Н_{абс}$
1	2	3	4	5	6	7

Әр түсіру үлескілеріне (ТУ) реттік нөмір беріліп, түсіру үлескісіне кіретін ЕКТУ нөмірлері көрсетіледі, әрі қарай орта биіктігі, формула бойынша жер бедерінің бір қалыпсыздығы h есептеледі:

$$h = A_{max} - A_{орта} = A_{орта} - A_{min} \quad (16)$$

h/Hф қатынасын (5-бағана), суретке түсірудің орташа биіктігі п.3.3 (6-бағана), ұшу кезіндегі абсолюттік биіктігі $Н_{абс}$ (7-бағана):

$$H_{абс} = A_{орта} + H_{ф.} \quad (17)$$

Қолайлы жұмыс істеу үшін әрбір ТУ әр түстермен боялады.

IV. бөлім

Маршрут санын, ұшу уақытын және суреттің саны мен өнімділігін есептеу

Д - қосымша бетінің бағаналарын толтыру және есептеу тәртібі

1 – бағанада ТУ нөмірі көрсетіледі.

2 – бағанада аэрофототүсірістің масштабы жазылады.

3 – бағанада трапеция ауданының қосындысы ретінде есептелген ТУ S_1 ауданы жазылады. Әрі қарай объектінің ұзына бойы шегінің S_2 ауданы анықталады (сурет объектінің ұзына бойы шекарасы 50% -ға артық болуы қажет п. 3.1. ОПА-80) және ТУ егер көршілес жатқан үлескілерінің орташа биіктігі 0,1 $Н_ф$ шамасынан артық болса, онда ол жер бедерінің жазық жері, ал 0,2$Н_ф$ артық болған жағдайда, таулы аймақ болғаны. Осы орайда аудан мынадай формуламен есептеледі:

$$S_2 = L \cdot B_y, \quad (18)$$

мұндағы L – ТУ-дің максималь ұзындығы, км; B_y – көлденең суретке түсіру (км) базисі 9 – бағанадан алынады.

S_1 және S_2 аудандарды қосып ТУ-дің S_3 ауданын аламыз, ол суреттің санын және түсіру уақытын есептеу үшін қолданылады.

4 – бағанада үлескінің орташа ұзындығы $L_{орт}$ жазылады, ол S_1 ауданын ТУ-дің максималь еніне С бөліп 5 – бағанадан алынады.

5 – бағанада – ТУ-дің максимальді ені С.

6 – бағанада берілген $Р_х$ ұзына бойы қабаттастыру көрсетіледі. Стандартты ұзына бойы қабаттастыру 60% -ды құрайды немесе тапсырушы белгілейді (ОПА-80, 3 – кесте).

7 – бағанада (ОПА-80 4 – кестесіне сай) $Р_у$ көлденең қабаттастыру

есептеулері жазылады.

8 – бағанада ұзына бойы суретке түсіру базисінің мәні B_x жазылады, ол былай есептеледі:

$$B_x = l_x \frac{100 - P_x}{10^7} \times m \ , \tag{19}$$

мұндағы l_x – маршрут бағыты бойынша суреттің жан-жағының пішіні; m - түсіріс масштабының бөлімі.

9 – бағанада көлденең суретке түсірудің базистік мәні B_y жазылады, мынадай формуламен есептеледі:

$$B_y = l_y \frac{100 - P_y}{10^7} \times m \tag{20}$$

мұндағы l_y – маршрут бағытына көлденең суреттің пішіні.

10 – бағанада ТУ-дегі жалпы маршрут саны К мынадай формуламен есептеліп жазылады:

$$K = \frac{C}{B_y} + 0{,}5П \ , \tag{21}$$

мұндағы С – ТУ-дің максималь ені (5-бағана); П – объектінің сыртқы шекарасымен шектесетін ТУ-дің ұзына бойы шекарасының саны.

ТУ-дегі маршруттар саны 0,2-ден бастап, бүтін санға дөңгелектенеді. Соңында 10 – бағанада маршруттар саны объектіге қосылады.

11 – бағанада суреттің қажетті ауданы жазылады, ол $B_x \cdot B_y$ көбейтіндісімен есептеледі.

12 – бағанада погонды километрдің саны жазылады (ТУ барлық маршрутының жалпы ұзындығы), мынадай формуламен есептеледі

$$L_П = K \cdot L_{орт} , \tag{22}$$

мұндағы К – ТУ-дегі маршруттар саны (10-бағана); $L_{орт}$ – маршруттың орташа ұзындығы.

13 – бағанада түсіру маршрутындағы әуе кемесінің орташа жылдамдығы (10-кесте).

14 – бағанада түсіру уақыты мынадай формуламен есептеледі:

$$t_c = \frac{L_П}{V_{орт}} \ , \tag{23}$$

мұндағы $L_П$ – түсіру маршрутының погонды километр саны (12-бағана); $V_{орт}$ - әуе кемесінің орташа жылдамдығы (13 - бағана).

15 – бағанада түсіру күнінің ұзақтығы 12-кестеден алынып жазылады.

Түсіру күнінің ұзақтығы

12-кесте

№ п/п	Аймақ	Түсіру күнінің ұзақтығы, сағ.
1	С.Е., 58^0 оңтүстікке қарай, шөл даламен таулы жерді ескермегенде	3,0
2	С.Е., 58^0 солтүстікке қарай, шөл дала, таулы жер биіктігі 1500 м-ге дейін	2,5
3	Тау биіктігі 1500 м-ден жоғары, суретке түсіру биіктігі 1000 м. кезіндегі жазық жер	2,0
4	Тау биіктігі 3000 м-ден жоғары, суретке түсіру биіктігі 1000 м. кезіндегі таулы жер	1,5

16 – бағанада – түсіріске ұшып шығудың 0,1 сағ. дәлдікке дейінгі саны.

17 – бағанада – карта бойынша өлшенген әуежайдан ТУ орталығына дейінгі аралық.

18 – бағанада ТУ - ға жетуге және қайта оралуға кеткен уақыт жазылады. Ол ТУ-ға дейінгі ені еселенген дара қашықтықтың ұшу аппаратының орташа жылдамдығының бөлінісіне тең (0,01 дәлдігімен).

19 – бағанада ТУ-ға толық жетуге, қайтуға кеткен уақыт сандары жазылады.

20– бағанада ТУ үшін барлық уақыт саны жазылады, (14 - бағана) түсіріс уақытының (19 - бағана) ұшу санының қосындысына тең болады және барлық объект үшін қосындысы алынады.

21– бағанада – түсіріс мүмкіндігі S_1 қосындысының түсіріс уақытының қатынасына тең болады.

22 – бағанада жалпы өнімділік жазылады (бір сағат ұшу уақытында түсірілген объект ауданының км^2 саны), қосынды объект ауданының қосынды ұшу уақытына қатынасымен анықталады.

23 –бағанада ТУ-дегі аэросуреттердің саны, S_3 ауданының сурет ауданына B_xB_y қатынасы. 23 - бағанының соңы барлық объект үшін қосылады.

V. бөлім Негізі фотоматериалдарды есептеу

Аэрофотопленка санын есептеу

Қажетті аэрофотопленка саны объектідегі барлық есептелген суреттер санына байланысты жүргізіледі (Д қосымша беті 23 – бағана).

Барлық керек аэрофотопленка метражының санын мынадай формуламен есептейді:

$$L_A=N_{CH}(\Phi_к+2)\ , \qquad (24)$$

мұндағы N_{CH} – объектідегі барлық аэросурет саны; $\Phi_к$ – АФА кадрының форматы, оған 2 саны қосылады. Есептелген сан 7-бағанада

жазылады.

8 – бағанада аэрофотопленкамен қолданылатын өндірістік форматы жазылады, осы кезде пленка соңында артық кадр қалдыру үшін пленка ені 1 см үлкейеді.

Фотоқағаздың санын есептеу

Фотоқағаз қажеттігін есептеуге арналған жұмыс көлемі, түсіріс саны болып табылады (3-бағана). 4-бағанада шығарылатын суреттің саны көрсетіледі. 7 - бағанаға объектіге керекті фотоқағаз беттерінің барлық саны, ал 8 - бағанада АФА кадр форматына сәйкес керекті бет форматы көрсетіледі. Содан кейін 7-бағанада фотоқағаз саны көрсетіледі.

Фиксаж және шығарудағы санын есептеу

Сурет шығаратын зат пен фиксаждың саны сурет шығаратын ыдыстың көлеміне, сонымен қатар пленка санына да байланысты. Жартылай автоматты шығару аспаптарын АПП-85А, АМПП-11М қолдану кезінде, бір шығарушы және фиксаж ерітіндісінде екі аэрофильмді өңдеуге болады (ұзындығы 60 м-ге дейін), олардың техникалық сипаттамалары 13-кестеде келтірілген.

Шығару аспаптарының техникалық сипаттамалары

13-кесте

№ п/п	**Параметрлері**	**Аспап түрі**	
		АПП-85А	АМПП-11М
1	Өңделетін аэропленканың ені, см	8,19,24,32	8,13,19,32
2	Өңделетін аэропленканың ұзындығы, см	60-қа дейін	60-қа дейін
3	Ыдыс көлемі, л	30-ға дейін	30-ға дейін

Аэрофотопленканы өңдеуге қажетті фиксаж және шығару мөлшері ең алдымен шығарылған аспапқа немесе машинадағы мөлшеріне тәуелді болады. Оларды мынадай формуламен есептейді

$$К_{п.ф}=V_Б*(N_ф/2), \qquad (25)$$

мұндағы $V_Б$ – шығару ыдысының сыйымдылығы; $N_Ф$ - өңделетін фильмдер саны; $N_ф/2$ – қатынасы бүтін санға дөңгелектенеді. Есептеудегі жұмыс мөлшері пленка санымен сипатталады (7 - бағана).

Фотоқағазды өңдеуге керекті фиксаж және шығарушы ерітіндінің мөлшерінің шығыны – 0,5 л - 1 $м^2$ болады. Жұмыс көлемі ретінде объектіге шығындалған фотоқағаздың жалпы саны жатады.

5.3. Аэрофототүсірістің кезеңдері

Барлық ұшу процестерінің түрлері мен және әуе кемелерінің тип-

тері елдегі ережелерге және ұшу жөніндегі ұстанымдарға, әуе қозғалысы басқармасының (ӘҚБ) органдарының рұқсатымен жүзеге асырылады. Шекарадан тыс жерде ұшу халықаралық азаматтық авиация ұйымының ережесі бойынша жүзеге асырылады. Ұшу процесі жоспар бойынша жүргізіліп, ол әуе қозғалысының басқармасымен беріледі, ұшуға бір күн қалғанда ұшу зонасында жауапкершілік артылған әуе кемесі (ӘК), мынадай ақпараттарды сақтайды: ӘК белгілері; ӘК типі; ӘК құрал-жабдықтары; ұшыру әуежайы; қондыру әуежайы; қосымша әуежайы; ұшу маршруты; ұшу уақыты; ӘК командирінің аты - жөні; т.б. мәліметтер. Ұшыру трассасы бойынша және трассадан тыс жерде жүргізіледі. *Трасса* – әуе кеңістігіндегі коридор, ені және биіктігі бойынша шектеліп навигация және аэродроммен қамтамасыз етілген. Трасса бойынша жолаушылар, транспорттық рейстер жүргізіледі. Трассадан тыс жерлерде іздеу-түсіріс, аэрофототүсірістер және басқа да ұшу процестері жүргізіледі.

Аэрофототүсіріс жұмыстары үш негізгі кезеңге бөлінеді*: көтерілу, биіктік* алу және *аэрофототүсіріс* үлескісіне жету; аэронавигациялық элементтерді өлшеу және аэрофототүсіріс маршруттарын жүргізу; аэродромға оралу, төменду және қону.

Әр кезеңнің сипаттамасы. Ұшыру, әуе кемесінің толық ұшу массасымен (ӘК жанармай және экипажбен толық қамтамасыз етілген), ұшу және ұшу - қону жолағының ұзындығы жүру аралығымен сипатталады. Аэрофототүсіріс және ұшу процесін толығымен қамтамасыз ету үшін жанармайды максималь құйған жөн. Аэродромды таңдау кезінде, ұшып - қону жолының ұзындығы әуе кемесіне сәйкес келуі қажет және максималь массасымен, сонымен қатар ұшу кезінде ауа температурасын ескеру қажет.

Әуе қозғалыс басқармасы органдарының келісімінен кейін, әуе кемесі трассадан ілгері жүріп тікелей түсіріс үлескісіне қарай ұшып жақындайды да, ұшу кезінде берілген суретке түсіру биіктігін ұстайды. Барлық ұшу уақыты кезінде экипаж АФТ жұмыстарын жүргізу мүмкіндігіне байланысты ауа райына талдау және бағалау жүргізеді.

Екінші кезең. Егер ӘК түсіріс процесінің автоматтандырылған дәрежесі жеткіліксіз болса, аэронавигациялық ұшу элементтеріне өлшеулер жүргізіледі.

Өлшеу дегеніміз - бір маршрутты АФА-ты іске қоспай, тура және кері жүргізуді айтады, осы уақытта ілгері кету бұрышы, курс, жылдамдық, суретке түсіру интервалы анықталады. АФТ-те қолданылатын қазіргі жетік ӘС ұшу-түсіру процесі жоғарғы дәрежеде автоматтандырылғандықтан, түсіріс параметрлерін қолмен (бағытын, ілгері кету бұрышын, суретке түсіру аралығын) анықтауды қажет етпейді. Үлескі-

де әуеде суретке түсіру маршруттары міндетті түрде техникалық жобаға қатысты жүргізіледі. Сонымен қатар екінші кезеңде, түсіру уақыты шектелген (тек қана аэрофототүсіріске жіберілген уақыт). Өйткені, біріншіден, аэрофототүсіріс жұмыстары ауа райының қолайсыздығына, жанармайдың шығынына байланысты тоқтатылуы мүмкін. АФТ жұмыстары қалған жанармайдың қайтып оралуға жетуімен ескеріле отырып аяқталады.

Үшінші кезең, бірінші кезеңге ұқсас, бірақ керісінше жүргізіледі. Жұмыстан қайтып оралғанда ауа райы қолайсыз болып, ұшақ қосымша аэродромға қонуы мүмкін. Ұшақтың қонуы кезінде ұшыру-қондыру жолының ұзындығы ӘК-тың техникалық параметрлеріне сай келуі қажет. Сондықтан қону процесі трасса бойы ауа райының қолайлылығымен және жанармай қорының жеткіліктігімен сипатталауы қажет. Аэронавигациялық жанармай қоры ұшақтың аэродромнан қосымша аэродромға дейінгі аралыққа және 30 минут ұшу уақытына жетуі қажет. Барлық жағдайда АН-30 кемінде 1 сағат ұшу уақытына жетуі қажет.

Аэрофототүсіріске дайындық

Аэрофототүсіріс (АФТ) дайындық үш кезеңге бөлінеді. Жердегі дайындық – түсіріс объектісінің шекараларымен топографиялық картаны алу, техникалық жобаның көшірмесін алу, картаға АФТ маршруттарының осін түсіріп және олардың координатасын навигациялық GPS қабылдағышына енгізу, ұшу картасы бойынша трассаны анықтау, АФТ құрал-жабдықтарына қажетті ӘК құралдары.

Ұшар алдында дайындықтар: АФТ алаңының ауа райы жағдайын тұжырымдау; АФТ алаңының аэронавигациялық жағдайын және қажетті жерге ұшып бару мен қайта оралу маршруттарын және ұшу сәтін анықтау. Күннің биіктігіне, бедер сипатына және пленка типіне байланысты АФТ басталуы мен аяқталу мерзімі; арнайы объектінің картасы және басқа да құрал-жабдықтарымен ұшу кезінде қамтамасыз ету; АФТ құралдарының іске жарамдығын тексеру; қонуға жақын қалғандағы және қайта оралу, қосалқы маршруттарын, аэродромдарды таңдау; ұшу процесін ӘҚБ бақылау органдарымен келісу; ұшуға шешім қабылдау.

Түсіру үлескісіне қонуға жақындағандағы дайындалу процесіне мыналар кіреді: берілген суретке түсіру биіктікті ұстау, түсіру маршрутын таңдау, АФТ аппаратураларында (экспозиция, суретке түсіру интервалы, жарық фильтрі және т.б.) орнату, сынақ кадрын жасау.

Түсіріс кезіндегі жұмыс тәртібі және экипаж мүшелерінің өзара іс-әрекеттері әуе кемесінің түріне, ұшыру-түсіру процесінің автоматтандырылған дәрежесіне байланысты.

ӘК типіне байланысты, экипаж мүшелерінің тізімі және олардың тікелей функционалдық міндеттері құрылады. Олар ұшу процестерінің барлық кезеңдеріндегі экипаж мүшелеріне ереже және нұсқаулар негізінде анықталады.

Экипаж мүшелері тікелей функциялық атқаратын міндеттері бойынша былай бөлінеді: (Ан-30 ӘК мысалы ретінде): ӘК пилоттары (экипаж командирі және екінші пилот); штурман берілген маршрут бойынша ӘК бір пункттен келесі пунктке апару мақсатында ұшақты ұшыру жұмыстарын жүргізеді; бортмеханик (бортинженер) ӘК агрегаттарының жұмыс істеу барысын қадағалайды; бортрадист жердегі қызметпен радиобайланыс жүргізіп, метеорологиялық мәліметтерді қабылдайды; бортоператор АФТ құрал-жабдықтарының барлық кешенімен әуеде суретке түсіру жұмыстарын жүргізеді.

Автоматтандырылған қазіргі жетік ұшу-түсіру процесінің құрал-жабдықтары экипаж мүшелерінің санын азайтады. Спутниктік GPS қабылдағыштарымен жабдықталған қазіргі ӘК және жаңа АФТ құралдары іс-жүзінде ұшу-түсіру процесін толығымен автоматтандырады.

5. 4. АФТ материалдарын өңдеу және фотограмметриялық сапаны бағалау

АФТ аяқталған соң түсіріс нәтижелерін арнайы зертханаға өткізеді. Әрбір аэрофильмге аэрофотопленка, аэрофотоаппараттың және түсіру жағдайы (уақыт, ауа райы, экспозиция және т.б.с.) туралы анықтама беріледі. Аэрофильмді шығарып, фиксациялап кептіргеннен кейін осы анықтамаға фотохимиялық өңдеу және оның фотографиялық сапасын бағалау туралы мәліметтері жазылады.

АФТ кейінгі тапсырылатын екінші құжат ретінде «Ұшуға шұғыл тапсырманың орындалуы туралы шағым» болып табылады. Онда ұшу процесі кезінде қолданылатын ұшу сызбанұсқасы, маршрут бағыты, ауа райының кейбір жағдайлары, АФТ құрал-жабдықтары көрсетіледі.

АФТ материалдарын өңдеу сызбанұсқасы



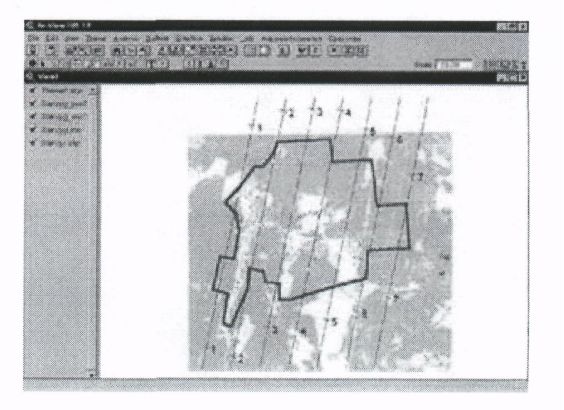
5. 4. 1. Аэрофототүсіріс процесін геоақпараттық жүйемен қамтамасыз ету

5. 4. 2. ArcView gis бағдарламасында аэрофототүсіріс жұмыстарын жобалау технологиясы және оны орындау

XX ғасырдың соңғы он жылында аэрофототүсіріс жұмыстарының көлемі өсе түсті. Осы кезде ұшу маршруттарын жобалау процесі картографиялық қағаз негізінде орындалып, ал ұшуда көз мөлшерімен орындалған. Техникалық құралдардың қарқынды дамуына қарай аэротүсіріс жұмыстарының технологиялық процесі компьютер негізінде орындала бастайды.

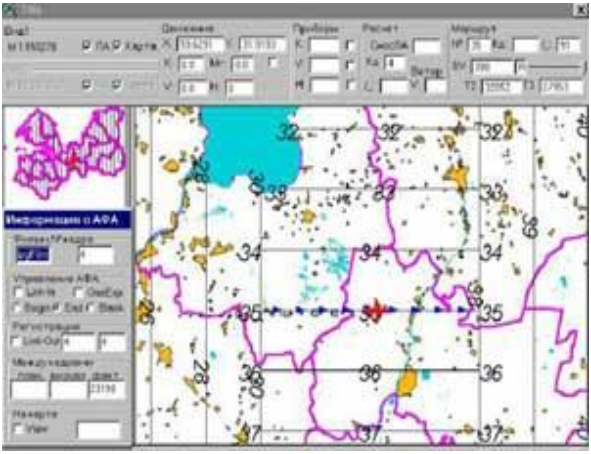
Техникалық құралдарды және өндірістік процестерді талдау кезінде аэротүсіріс жұмыстарының орындалу технологиясының бағыты анықталды. Бұл технологияның негізі ESRI ArcView Gis v3.x геоақпараттық жүйесі табылады.

Бұл бағдарламаның үлкен мүмкіндіктерін қолдана отырып, жұмыс нәтижесінің тиімділігі арта түсті. Оларға интерфейсті өзгерту, басқа да қосымша және базалық деректермен байланысы, өзіндік бағдарламаны жазу, көптеген түрлі форматтармен жұмыс істеу, аэротүсіріс маршруттарын жобалау бойынша үш қосымша бетті жасау, ұшу процесін орындау және ұшу траекториясын талдау жұмыстары жатады.



15-сурет. Орындалған аэротүсіріс жобасының мысалы

Бұл қосымшалар жан-жақты және көп функциялы болып, оларды ArcView платформасында қолдануда көптеген мүмкіндіктерге ие болады.



16-сурет. Ұшу процесін орындаудағы бағдарламаның сыртқы түрі

1- қосымша: *Жобаны жасау.* Сандық карта және аэротүсіріс параметрлерінің негізінде, Avenu тілін пайдалана отырып, аэротүсірістің жобасы (15 - сурет.), яғни аэротүсіріс маршруттары автоматты түрде жасалады және түзетіледі. ODBC көмегімен жасалған жоба MS Access форматында арнайы деректер базасына орнығады.

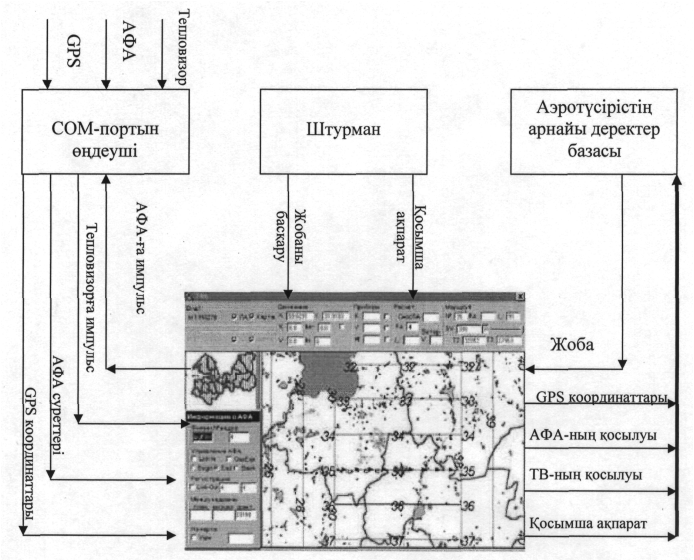
Осы қосымшаның көмегімен көптеген күрделі жобалар жасалған (құбырлар, жолдар).

2-қосымша: *Ұшу процесін орындаудағы навигациялық бағдарлама*

Бұл қосымша орталықтан-дырылған және барлық технологияны құрайды. Оның интерфейсі 16-суретте көрсетілген. Негізгі функцияларына: MS Access форматында арнайы деректер базасын алу және аэротүсіріс жобасы туралы ақпаратты сандық картографиялық негізбен бейнелеу;

DDE құралы арқылы COM-порттан деректерді қабылдау; MS Access форматында арнаулы деректер базасын бейнелеу және тіркеу; GPS, аэрофотоаппарат, тепловизордан ақпараттарды алу; Әуе кемесімен қолайлы басқаруға қажетті ұшу кезіндегі навигациялық ақпараттармен қамту (координаттар, курс, арақашықтық, ілгері кету, траектория және т.б.).

ArcView 3.x бағдарламасы көптеген деректер ағынын өте жоғарғы жылдамдықта басқарады (17-сурет).



17-сурет. Ұшу процесін орындаудың функционалдық сұлбасы

3 - қосымша: Аэротүсірісті орындағаннан кейін ұшу процесін талдау

Бұл қосымша көмегімен аэротүсіріс процесінде аэрофотоаппаратпен экспозиция жасаған жерлерді, тепловизорды түсіруде орындалған, ұшу траекториясы туралы ақпаратты MS Access форматында арнайы базалар деректерінен алып, картографиялық сандық негізді қолдана отырып ArcView түрінде бейнелейді.

Бұл деректер аэротүсірісті орындауда сандық және сапалық жылдамдықты бағалауға мүмкіндік береді.

Қазіргі нарық заманында аэрофототүсірістің тапсырмаларын орындауға арналған бірқатар бағдарламалық өнімдерді белгілі шетел фирмалары шығаруда. Мысал ретінде LH Systems фирмасының Ascot жүйесін айтуға болады, ол RC-30 аэротүсіріс кешеніне кіреді.

Бұл жүйелердің кемшілігі: сандық картаны қолдану деңгейі төмен, әрі аппараттық бағдардың тарлығы және фунцияларының шектеулігі.

6. АЭРОФОТОАППАРАТТАРДЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІ

6.1. Аэрофотоаппарат(АФА) құрылысының сызба нұсқасы

Қазіргі АФА-тар өзінше бір аэрофототүсіріс жүйелерін құрайды да, мынадай бөліктерге бөлінеді: аэрофотокамера, аэрофотоқұрылыстары және командалық аспаптар.

Аэрофотокамера құрамына кассеталар, камера және объектив бөліктері кіреді. Бұл камерада оптикалық бейнелер және ондағы фотоматериалдың жарық қабылдағыштығын байқауға болады. Кассета жарық қабылдағыш материалдарды оған орнату үшін және аэрофотопленкаларды орнықтыру үшін қолданылады. Камера бөліктерінде объектив және кассета механизмдерінің кинематикалық байланыс элементтері орналасады. Сонымен қатар әр түрлі қосымша құралдар, оның ішінде АФА-ның рамасы орналасады. АФА камерасының объектив бөліктері АФА оптикалық жүйелерін орналастыру үшін қажет. Аэрофотокамерада мынадай механизмдер орналасқан:

1) аэрофотопленканы орау механизмі;
2) бірқалыпты теңестіру механизмі;
3) тарату механизмі;
4) оптикалық жүйе;
5) аэрофотобекітпе.

Қосымша бөліктері:

1) бейнені жылжытатын оптикалық механизм;
2) бейнені жылжытатын механикалық механизм;
3) автоматтандырылған фотореле;
4) экспозицияны реттейтін автомат;
5) АФА-ны автоматты түнде фокустайтын бөлік;
6) аспаптарды тіркейтін бөлік;
7) жарық фильтрлерін ауыстыратын механизм.

Аэрофотоқұрылғы дегеніміз – АФА мен ұшу аппаратының арасындағы аралық буынға жатады және ол АФА-ның кеңістіктегі қажетті жағдайын қамтамасыз етеді; ішкі және сыртқы бір қалыпсыздық әсерді төмендетеді.

Командалық аспаптың негізгі мақсаты – АФТ жабдықтарының барлық жұмыстарын кез келген қашықтықта басқарып, бақылау. АФА бағыты, фокустың арақашықтық мәні, сурет форматы, жұмыс істеу принципі және түсіріс жағдай бойынша жіктеледі.

АФА-ға қойылатын талаптар:

- фотокөрініс құрамын жоғарғы өлшеу мен бейнелермен қамтамасыз етеді;
- фотокөріністің максималь түсіру қабілеттігі;

- түсіру объектілерінде геометриялық кедергілер болмауы қажет;
- көрініст құру кезінде жарықтың жоғалымы минималь болуы керек;
- түсіру процесін толығымен автоматтандыру;
- экономикалық үнемділігі;
- пайдалану сипаттамаларының жоғарылығы (сенімділігі және пайдалану кезіндегі ыңғайлылығы).

6. 2. Геометриялық оптикалардың негізгі заңдары және түсініктемелері

Геометриялық оптика геометрия теоремаларына негізделеді, яғни, біртекті ортадағы жарық таралуының үзік сызықтылығы; түрлі жарық сәулелерінің өзара таралу тәуелсіздіктері; шағылысу заңы және жарық сәулелерінің сыну заңдылықтары.

Оптикалық жүйе мынадай мәселерді қанағаттандыруы қажет:

1) гомоцентрлік (гомоорталықты) шоғырлар, (сәуле шоғырлары, яғни бір нүктеден шығып келесі нүктеге түседі), яғни әр нүкте болып бейнеленеді;
2) оптикалық оске перпендикуляр орналасқан жазық заттың бейнесі;
3) оське перпендикуляр жазықтық сияқты бейнеленеді.

Геометриялық оптиканың негізгі заңдары

Геометриялық оптикадан белгілі болғандай жарық сәулесі мөлдір және біртекті ортада түзу сызықтың бойымен таралатыны анықталды, оны сәуле деп атаймыз.

Жеке сәуле және сәуле шоғырлары бір-бірімен қиылысқаннан кейін де өзінің бағытымен таралады. Сәуле шоғырлары таралатын, жиналатын және параллель болып келеді. Егер де сәуле бір нүктеден шығып бір нүктеде қосылса, ондай шоғырларды *гомоцентрлік* деп атайды.

Гомоцентрлік шоғырлар бір нүктенің көрінісін бейнелейді. Егер де нүктенің бейнесі сәулелерді қиып өтетін болса, онда оларды *шын мәніндегі көріністер* деп атайды. Егер сәулелер арнайы бір ортада таралып басқа ортаны кезіктіретін болса, онда олар осы орта шегінде шағылады не сынады. Осы кезде мынадай заңдар сақталады:

- шағылатын, құлайтын және сынатын сәулелер сәуленің құлау нүктесіндегі бір жазықтықта жатады;
- сәуленің құлау бұрышы оның шағылу бұрышына тең;
- синус бұрышының (қатынасы) түсу бұрышының синусы сыну бұрышының синусының қатынасына тең.

Осы берілген екі бұрыш үшін бір тұрақты шама болады және оны осы екі ортадағы сыну көрсеткішінің қатынасы деп атайды.

Идеалды оптикалық жүйе теориясы есептеулер үшін қолданылады. Іс жүзінде оптикалық жүйелерді идеал жүйелерге қарағанда айырмашылығы бар. Идеал жүйе ол жазық айна.

6. 3. Аэрофотообъективтің негізгі сипаттары

АФА жүйелерінің оптикалық функциялары дегеніміз – АФА фокальды жазықтығында оптикалық бейнені құру деп түсінуге болады. АФА оптикалық жүйелеріне мынадай бөлшектер кіреді: 1) линза (объективтің негізгі бөлігі); 2) жарық фильтрлері және қорғаныс әйнектері түрінде қолданылатын жазық параллельді пластиналар; 3) призмалар (объективтің оптикалық осінің бағытын өзгерту үшін қолданылады); 4) айналар (бұлар да призмалар сияқты қызмет атқарады). Фототіркеу үшін қосымша аспаптардың көрінісін бейнелеуге арналған арнайы талшықтардан жасалған белбеу.

АФА объективі бірнеше линза және басқа бөлшектерден тұрады: 1) бленда – объективке қырынан түсетін жарықты жоюға арналған құрал; 2) диафрагма (тұрақты және тұрақсыз) – түсетін жарық әсерін азайтуға арналған. Объективтің құрам бөліктерін жеке компоненттер және объективтерден болатын қателіктерді ескере отырып таңдайды.

Негізгі линзалар аберрациясы

Сфералық аберрация – бұл оптикалық оске жақын көріністердің біркелкі болмауы. Ол оптикалық осьте орналасқан нүктеден шығатын сәуле шоғырлары линзадан шыққанда осьтің бір нүктесінде жиналмайды. Сондықтан нүкте дақ көрінісін береді.

Кома – сфералық аберрацияның, яғни осте орналаспаған нүктеден шығатын сәуле шоғыры. Оның нәтижесінде симметрия бұзылады және нүкте көрінісі дақ сияқты болып үтірге ұқсайды.

Хроматикалық аберрация – нүкте көрінісі түрлі түсті құрайтын дақты бейнелейді. Оның себебі түрлі түстің сәулелері үшін әйнектегі сыну көрсеткіштерінің бірдей болмауы. Аберрацияның осы түрлерін объективті құрайтын линзаларды таңдау арқылы жояды. Мұндай объективтерді *ахромат* деп атайды.

Дисторсия – бұл зат бейненсінің бұзылуы және объективке әр түрлі бұрышта келетін сәулелер себебінен көріністің тұрақсыз ұлғаюының әсерінен болады.

Хроматикалық, сфералық, дисторсия аберрация түрлері жойылған объективтерді *апланаттар* деп атайды.

Астигматизм – жарық шоғырларының түрлі қималарында өтетін сәулелердің біркелкі сынбауымен байланысты бұрмалануы. Оның нәтижесінде нүкте көрінісі эллипс пішінін береді. Объективтердің бар-

лық аберрацияларының ең аз көрсеткішті болуын *анастигматтар* деп атайды.

АФА оптикалық жүйелерінің барлық параметрлері бейне сапасына байланысты екі топқа жіктеледі:

1. фотометриялық параметрлер, ол оптикалық жүйеде жарық ағыны шамаларының өзгеруін сипаттайды және бейненің энергетикалық қасиетін анықтап, оның өлшемі фотоға түсіру масштабына қатысты болуы қажет. Осыған объективтің фокустық аралығы, тетіктер, көру бұрышы, жарық өткізгіштігі, бейнелеу өрісі бойынша жарықты тарату жатады.

2. оптикалық параметрлер – бейненің сапалық жағын, оның өлшеу және ақпараттық негізін сипаттайды. Бұған жүйенің жүйелік контрасты сипаттамалары және оптикалық ортоскопияның жұмыс істеу қабілеті жатады.

1-ші топ. Объективтің - фокустың аралығын бейнелеу масштабы анықтайды. Оның дәлдігі 0,01 мм-ге дейін.

Салыстырмалы тетік $(\frac{1}{n})$ дегеніміз – объективтің (жарықты) ендіру тетігі d диаметрінің f фокустың арақашықтығына қатынысы.

$$\frac{1}{n} = \frac{d}{f} = \frac{1}{f/d}. \qquad (26)$$

Ену тетігі дегеніміз – заттар кеңістігіндегі диафрагманың көрінісі, ол зат ортасынан ең кіші бұрышпен көрінеді. Салыстырмалы тетік жарық шоғырының енін көрсетеді. Салыстырмалы тетіктің квадраты объективті геометриялық жарықтандыру деп аталады. Ол объективті энергетикалық есептеу және бекітпені бірқалыпты ұстау қажетілігін есептеу кезінде қолданылады. Салыстырмалы тетік және фокустық аралық АФА - дан затқа дейінгі ең кіші аралықты анықтайды. Бұл кезде фотокөрініс анық болады және мынадай формуламен анықталады:

$$a = \frac{f^2}{n\delta}, \qquad (27)$$

мұндағы δ – жарықтың таралу дөңгелектерінің шекті мәні.

Объективтің көру өрісінің 2β бұрышы дегеніміз – (жарық сәулелерінің) конус тәріздес жарық сәулелерінің арасындағы бұрышты айтамыз. Бұл кезде көрініс өрісінің сипатын қанағаттандырады. АФА кадры көру өрісінің шеңберінде жатуы мүмкін. Кей кездері кадр бұрышы көру өрісінен тыс кетеді. Бұл жағдайда көріністің көру бұрышының өрісі деген ұғым қолданылады. Объективтің жарық өткізгіштігі жарық өткізу коэффициентімен сипатталады, яғни:

$$k = \frac{f}{f_0}, \tag{28}$$

мұндағы f – объективтен өтетін жарық ағыны, f_0 – объективке түсетін жарық ағыны.

Белгілі болғандай орта есеппен алғанда әрбір линзаның бетіне оған түсетін сәуленің 5%-ы шағылады және 1см–лік линза жарықтың 1% - ынжұтады. Бұдан $k = 0.95^N * 0.99^l$, мұндағы N – әйнек және ауа шегінің (қырының) мөлшері, ал l см – әйнектегі жарықтың ұзындығы.

Жарық өткізгіштігін жоғарылату үшін оптикалық жарықтандыру қолданылады. Яғни линза бетіне бір заттек салынады, сонда әйнекке қарағанда сыну көрсеткіштігі кіші болады. Салынатын заттың қалыңдығын жарық ағыны ұзындығының ¼- іне тең болуы керек. Салынған заттектен шағылатын сәулелердің интерференциясы кезінде өзара жұтылу әсері пайда болады. Жарықтың бірдей қарқындылығы кезінде жарық сәулесінің шағылуы ең аз мөлшерде қалады, яғни мынадай мән орындалса:

$$n_1 = \sqrt{n_0 n_2}\ , \tag{29}$$

мұндағы n_1 – қосымша қабаттың сыну көрсеткіші; n_2 - әйнектің сыну көрсеткіші; n_0- ауаның сыну көрсеткіші.

Әйнек жарық сәулесінің әртүрлі түсін бірдей өткізбейді. Сондықтан К спектрдің әртүрлі бөліктері үшін бірдей.

Объекті бірқалыпты жарықтандару кезіндегі көрініс бойынша жарықты тарату Ломберт заңымен негізделеді.

$$E = E_0 cos^4 \beta\ , \tag{30}$$

мұндағы E_0 – кадр орталығының жарықтануы, ß – сәуле бағыты мен оптикалық осі аралығындағы бұрыш.

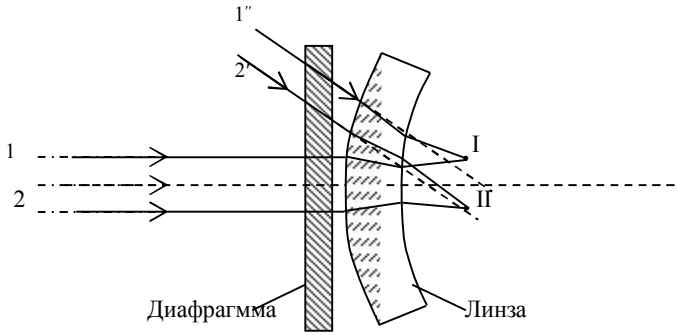
Жарықтану аралық квадратына (r) кері пропорционал:

$$r = \frac{I}{\cos \beta}\cdot \tag{31}$$

Линзаның ортасынан өтетін сәуле шоғырларының ені $cos\beta$ – ға байланысты. Сәуле тоғыстық (фокальная) жазықтыққа β бұрышымен түседі.

Сонымен заттың (орнының) көрінісі оптикалық остен әртүрлі аралықта жатып түрлі жарықты қамтиды. Заттан шағылып келетін сәуле шоғырларының жартылай диафрагмалануы оптикалық остен тыс жатса, *«виньетирлеу»,* яғни объективке қырынан түсетін сәуле бағытын өзгерту деп аталады. Виньетирлеуді төмендетіп, және бірқалыпты жарықпен қамтамасыз ету үшін жарық жолы бойынша аберрация

виньетирлеу қолданылады, яғни сәуле шоғыры диафрагманың артына қойылған дөңес линза арқылы өтіп, орталық сәуле осіне параллель болады (18 - сурет).



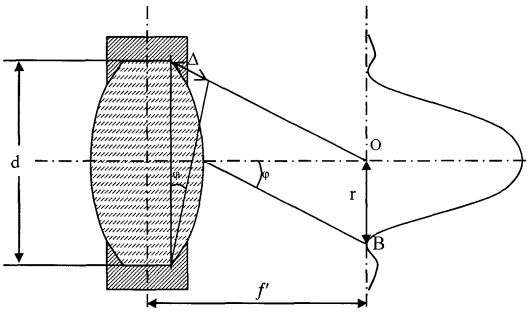
18-сурет . Аберрация виньетирлеу әдісі

Көрініс өрісі бойынша жарықтандырудың басқаша теңестіру кезінде көлеңкелеу әдісі қолданылады. Ол ортасынан шетіне қарай кішірек жұқа жартылай селдір пленка, оны негізінен жарық фильтріне орнатады.

6. 3. 1. Оптикалық жүйенің жұмыс істеу қабілеті және өткізу функциясы

Оптикалық жүйенің жұмыс істеу қабілеті дегеніміз – екі жақын жатқан нүктені бөліп бейнелеу қасиетін айтады. Ол сызықтармен *(R, мм$^{-1}$)* 1 мм бейнені бөлек көрсететін сызықтармен негізделеді.

Объективтің жұмыс істеу қабілеті жарық дифракциясына байланысты, оның нәтижесінде сәуле шығатын тетіктен нүкте көзі дақ түрінде бейнеленеді. Олар жарық және қара сақиналармен қоршалады. Шекті *R* мәндері дифракциясымен шектеледі; бұл кезде дифракциялық дақтар, ең үлкен дақтан ең кіші даққа сәйкес келгенде есептеледі.



19- сурет

(r) – орталық дақтың радиусы; мұнда сәулелену энергиясының 84% - ы болады.

Апертуралық диафрагма – бұл диафрагма сәуле шоғырымен шектеліп заттың осьтік нүктесінен шығады. Енетін (шығатын) тетік – зат кеңістігіндегі апертуралық диафрагма бейнесі. Дақтың жарықтығы максимумнан 0-ге дейін өзгереді және жүрістің әртүрлілігіне байланысты 0 ден 1,22-ге дейін пропорционалды ұлғаяды:

$$r = f`tg\varphi = \frac{1.22}{d} f` = 0.6\frac{\lambda}{u_A} = 1.22\lambda n_0, \qquad (32)$$

мұндағы λ – жарық ағынының ұзындығы; n_0 – жарық тетігінің бөлімі; u_A – апертуралық бұрыш; d – объектив тетігінің диаметрі.

Объективтің дифракциялық мүмкіндігі мынадай формуламен анықталады

$$R_Д = \frac{1}{r} = \frac{1}{1.22\lambda} \cdot \frac{d}{f`}. \qquad (33)$$

Жарық ағынының орташа мәні үшін λ = 555Нм болғанда:

$$R_Д = 1470\ \frac{d}{f'}.$$

Бұрыштық шамамен негізделген жұмыс істеу қабілеті объективтің бейнелеу мүмкіндігі деп аталады

$$tg\varphi'' = \frac{cos^2\beta}{f`R_0}. \qquad (34)$$

мұндағы β – көру бұрышының жартысы; R_0 – формула бойынша есептелген жұмыс істеу қабілеті:

сызықтық мира үшін:
$$R_0 = \frac{1}{l} = \frac{1}{l_0} = \frac{f`}{F}, \qquad (35)$$

радиалды мира үшін: $R_0 \frac{N_k}{\pi d_k}$. (36)

мұндағы l – сызықтардың ені, яғни көршілес жатқан штрихтардың арасында жатқан аралық немесе штрихтың қалыңдығы қосылған штрихтар аралығының ұзындығы, l_0 – нақты мирадағы сызықтардың ені, d_k – радиалды мира бейнесіндегі бұлыңғыр дөңгелектің диаметрі, N_k – радиалды мирадағы жалпы сызықтардың саны, F – оптикадағы фокустық аралық.

Бұрыштың жұмыс істеу қабілеті бар (γ), объективті суретке түсірудің минималь өлшемін сипатайды

$$\gamma = \frac{1}{2Rf}; \quad L_{min} = \gamma \cdot H = \frac{H}{2R} f', \tag{37}$$

мұндағы H – берілген биіктіктегі суретке түсіру биіктігі, $q=2R_{Nmax} \cdot f'$ - сапалық критериі:

$$L_{min} = \frac{H}{q}. \tag{38}$$

Бұдан байқайтынымыз бірдей биіктікте түсірілетін түсіріс жүйесінің қайсысында сапалық критериі жоғары болса, сол жүйенің сапасы жоғары болады, яғни түсіріс жүйесінің сапалысы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым суретке түсірілетін объектілердің кішкентай мөлшерін бір суретпен қамтып түсіруге болады.

Бейненің сапалық критериі ретіндегі түсіру қабілетінің кемшіліг і

1) Көрініс жазықтығындағы жарықтың таралуын және объектив жазықтығына жарықтың қарқынды тарауын анықтау кезінде түсіру қабілеттілігі қолданылмайды.

2) Күрделі жүйелерді бағалау қиынға түседі (объектив – фотопленка және суретке түсіру жүйелерінің басқа да элементтері), яғни күтетін нәтижелердің дәлдігі шектеледі.

3) Суретке түсіру қабілеттілігінің мәні жүйенің минималь сыналатын объект контрасына, қабылдағыш жабдығының құрамына байланысты сипатталады және бірнеше нәтижелерді алуға мүмкіндік бермейді.

6. 3. 2. Оптикалық жүйенің жиіліктік-контрастық сипаттамасы

Жалпы оптикалық жүйені объект көрінісін толық бейнелейтін ақпараттық канал деп түсінуге болады. Ол канал және жарық ағымының құрамына байланысты. Оптикалық жүйенің жүйе каналына сиг-

налдың (бейненің) кіруі кезінде одан шығатын сигналдан айырмашылығы болады. Сигналдың амплитудасы және синусоида фазасы шығу кезінде оның жиілігі және жиілік контрастылық, сонымен қатар фазалық жиілік сипаттамасына байланысты болады.

Сонда кез келген көріністі бейнелейтін жүйені өткізу функциясымен *П(N)* сипатталады. Математикалық түрде былай негізделеді

$$П(N)=T(N)exp[\varphi(N)], \qquad (39)$$

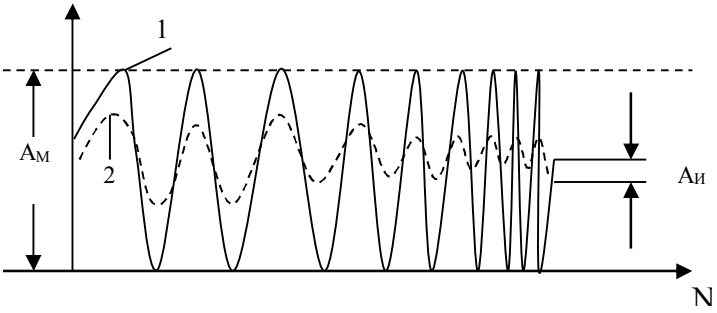
мұндағы N – кеңістік жиілігі; $T(N)$ – жиілік контрасты сипаттамасы; φ (N)-фазаның жиілік сипаттамасы.

Жиілік контрасты сипаттамасы – объектінің контрасының өзгеруін көрсетеді. Фазалық жиілік сипаттамасы - жүйенің көрініс тәріздес және объектіні сол қалпында сақтау мүмкіндігін көрсетеді, яғни ортоскопиялық оптикалық жүйені анықтайды. Жиілік контраст сипаттамасы (ЖКС) – әр түрлі N жиілік үшін анықталған және $K_И$ – көрініс контрастының төмендеуін объектінің $K_О$ контрасына қатынасы бойынша көрсететін $T(N)$ контрасты коэффициентін көрсетеді:

$$T(N)=\frac{K_И}{K_О},\ K_И=\frac{E_{max}-E_{min}}{E_{max}+E_{min}}, \qquad (40)$$

мұндағы E_{max}, E_{min} – объектінің оптикалық көрінісінің максимал және минимал жарықтануы.

Егер объект әр түрлі кеңістіктегі жиілік және жарық қарқындылығының синусоидалық таралуынан біркелкі торды көрсетсе, онда осы оптикалық тордың көрінісі үйлесімді жарықты тарату заңының бар екендігін көрсетеді, бірақ толқын амплитудасы төмендейді (20-сурет).

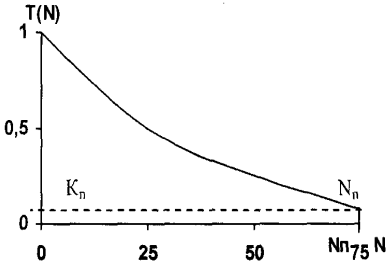


20-сурет

A_M объектінің контрастысы (N) жиілігімен өзгермейді (1 – қисық). Ал $A_И$ көрініс контрастысы N жиілігінің ұлғаюымен төмендейді

(2 – қисық). Мұның физикалық себебі: қалдық аберрация және жойылмайтын дифракция.

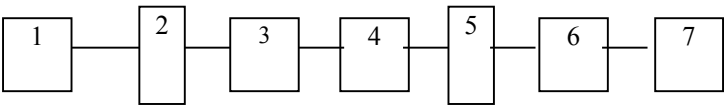
Көріністі өткізу функциясын анықтаудағы тапсырмалар бейне контрастысының коэффициенттерін өлшеуге апарып соғады. Алынған мәндер бойынша *T(N)* мәні, яғни олар бойынша график тұрғызылып, контрастының байланыстылығының кеңістіктегі жиілігін негіздейді (21-сурет).



21-сурет

Осы берілген жағдайда бақылау нәтижесінде қабылданған контраст *минималь контраст* деп аталады. Ал оған қатысты жиілігі *(N)* шекті жиілік деп аталады. Шекті жиілік берілген оптикалық жүйенің жұмыс істеу қабілеттілігінің шегін анықтайды.

Жиілікті контрасты сипаттамасын тікелей өлшеу үшін электронды оптикалық аспап жасалған (22 - сурет).



22-сурет

1) Жарықтандыру көмегімен (лампа, конденсатор, олардың фильтрі); мираға (2) жарық түседі. Ол объективтің фокальді жазықтығында орналасқан. 3). Қарастырып отырған объективтің фокальді жазықтығында 4 кішкене тетігі бар диафрагма орналасқан. 5. Фотоэлектрондық көбейткіштен (6) және (құралған) осциллографтан (7) құралған өлшеу сызбанұсқасы кішкене тетіктен өтетін жарық ағынын өлшейді.

Бұл аспап мира штрихтарын тікелей сканирлеу әдісі бойынша жарықтың синусоидасының өзгеруімен жұмыс істейді. Осыған байланысты аспаптың құрылуының күрделілігін біле отырып, практикада жиілік штрихтарының біртіндеп өзгеруімен тікбұрышты мира қолданылады.

7. АЭРОФОТООБЪЕКТИВТЕРДІҢ ОРТОСКОПИЯЛЫҒЫ

7. 1. Дисторсия

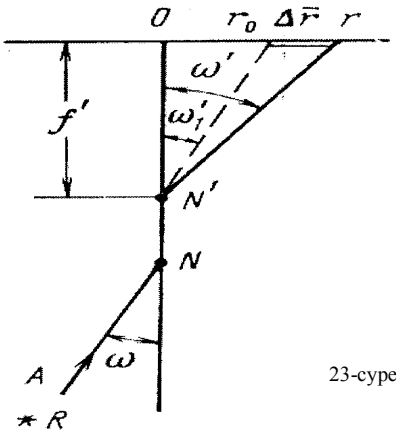
Ортоскопия жүйесі дегеніміз оптикалық жүйенің зат және бейне арасындағы көрініс мүмкіншілігін бұзбайтындығын білдіреді. Аэрофотообъективтің ортоскопиялық бұзылуын *дисторсия* деп атайды.

Іс жүзінде ортоскопияны бақылау толығымен мүмкін емес.

23 – суретте байқалғандай, r – нүктенің көрінісі; r_0 – нүктенің бірқалыпты жағдайы, егер $\omega \equiv \omega_1'$ тең болса, онда $\omega \neq \omega'$ тең болмайды, яғни $\Delta\bar{r}$ мәні r нүктесіне ығысады

$$\Delta\bar{r} = Or - Or_0 = f' tg\varpi^1 - f' tg\varpi = f' tg\omega\left(\frac{tg\omega^1}{tg\omega} - 1\right),$$

$$f' tg\omega = Or_0,\ \Delta\bar{r} = Or_0\left(\frac{tg\omega^1}{tg\omega} - 1\right). \qquad (41)$$



23-сурет. Обьективтің дисторсиясы

Бұл теңдік дисторсия қисығының теңдеуі деп аталады. $0r_0$ – бас фокустық нүктеден дисторсия мәні анықталатын нүктеге дейінгі арақашықтық.

$K_Д = \dfrac{tg\omega^1}{tg\omega} - 1$ мәні, пішінін өзгерткен зат масштабының өзгеру дәрежесін анықтау коэффициенті, яғни нүкте бейнесінің өзгеру мәнінің сурет центрінен ауытқуы сызықтық тәуелділікпен байланысты $\Delta' r = K\bar{r}$.

$\frac{tg\omega}{tg\omega} = const$ жағдайын орындауды қамтамасыз ететін объектив-

ті *ортоскопиялық* деп атайды.

Объективтің ортоскопиясы дегеніміз –сызықтық ұлғаю коэффициенті (көрініс масштабы) жазықтықтағы барлық нүктелерге тұрақты:

$$r_i : R_i = \frac{1}{m} = const \quad , \tag{42}$$

мұндағы $\bar{r}_i$ және $\overline{R}_i$ нүкте көрінісі және заттың басты оптикалық осінен алыстауы.

Фотограмметрия үшін объективтің дисторсиялық абсолюттік мәні емес, объективтің ортоскопиялық бұзылу мәнін сипаттайтынын білу маңызды

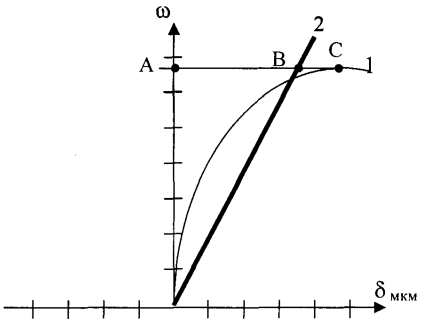
$$\delta_\phi = \Delta\bar{r} - \Delta'\bar{r} = \Delta\bar{r} - K\bar{r} \, . \tag{43}$$

Фотограмметриялық дисторсия мәні (көрініс дисторсиясы) заттың шын мәніндегі көрініс шамасының (объективтің ұлғаюын ескере отырғандағы заттың өлшемі) және берілген меридиандық қима есебіне жақын көрініс шамасы арасындағы айырмашылық.

1 – объектив дисторсиясының қисықтық теңдеуі

$$\Delta r = 0_{r0} \left(\frac{tg\omega'}{tg\omega} - 1 \right). \tag{44}$$

2 – графикалық сипаттау теңдеуі: $\Delta' r = K\bar{r}$, яғни нүкте бейнесінің сурет центрінен ауытқуына байланысты шама $\Delta\bar{r} = AC$, $\Delta' r = AB$, $\delta_\phi = BC$ дисторсия көрінісін бейнелейтін формула.



24 – сурет. Фотограмметриялық дисторсия

Фотограмметриялық дисторсияны абсолюттік объектив дистор-

сиясының абсолюттік бөлігі ретінде, яғни суреттің ортасынан өтетін кейбір көлбеу сызықтармен есептей отырып анықтауға болады.

Дисторсияның пайда болу себептері:

- сәуленің сыну көрсеткіштерінің қайта қайтуы, қисықтың радиустары, линза қалыңдығы және ауа аралықтары;
- линза бетінің бір қалыпты формасынан және оптикалық әйнектен, біртекті емес әйнектен;
- объективтің оптикалық бөлшектері центрлеуінің бұзылуы.

Оптикалық жүйелерді орнықты центрлеу кезінде дисторсияның центрленуі байқалады. Мұндай дисторсияны *радиалды дисторсия* деп атайды және бастапқы нүктеден өтетін сәуленің радиус маңынан нүкте аутқуын тудырады.

Мұндай дисторсия абсолюттік болып келеді:

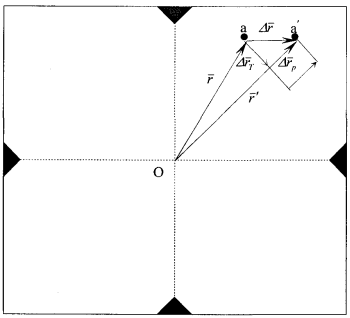
$$\Delta r = r - r' = r_i - f' \mathrm{tg}\omega_i , \qquad (45)$$

мұндағы r, r' – бастапқы фокустан бастапқы дисторсиясы анықталатын нүктеге дейінгі ара қашықтық және оған қатынасы:

$$\delta_{\bar{r}} = \frac{\Delta \bar{r}}{r} = \frac{\bar{r} - \bar{r}'}{\bar{r}} . \qquad (46)$$

Кәдімгі объективтерде центрлеудің бұзылуы байқалады да, яғни дисторсия центрлеуінің бұзылуын тудырады. Мұндай дисторсияны *центрленбеген* немесе тангенсиалды *дисторсия* деп атайды.

Тангенсиалды дисторсия нүкте көрінісін бір бағытта радиалға перпендикуляр ығыстырады.



$\Delta\bar{r}$ – дисторсия векторы;

$\Delta\bar{r}_{\mathrm{T}}$ – тангенсиалды;

$\Delta\bar{r}_{\mathrm{p}}$ – радиалды.

25-сурет. Радиалды және тангенсиалды дисторсия

Жалпы жағдайда дисторсия көрінісі (фотограмметриялы дисторсия) аэросуреттің координаттық торына қатынасты Δr векторын білдіреді. Негізі бұл вектордың компоненттерін тік бұрышты жүйеде анықтайды: $\delta_{\mathrm{x}}, \delta_{\mathrm{y}}$. Х, У осьтері координаталары бойынша құрайтын векторлар. Ал

полярлық жүйеде $\Delta r_p, \Delta r_\tau$ – аэросурет центріне бағытталған тангенсиалды және радиалды бағыттағы векторлар.

7. 2. Аэрофотоаппаратты калибрлеу әдісі

7. 2. 1. Аэрофотоаппараттың ішкі бағыттау элементтері (ІБЭ)

Аэрофотосуреттің өзара орналасуын және суретке түсіру кезінде проекция ортасын сипаттайтын мөлшерін АФА-ның *ішкі бағыттау элементтері* деп атайды.

Оған камераның фокустық арақашықтығы *f,* басты нүктенің координатасы *X* және *Y.* АФА-ның фокустық арақашықтығының астарында, АФА-ның қолданбалы рама жазықтығына (фокальды жазықтығына) объективтің артқы басты нүктесіне түсірілген перпендикуляр шамасы деп түсініледі.

Перпендикулярдың қолданбалы рама жазықтығымен қиылысу нүктесі аэрофотосуреттің басты нүктесі деп аталады. Бастапқы нүкте координатты белгілерден туындайтын суреттің жазықтықтағы координаттар жүйесінің басымен сәйкес келу керек. Ішкі бағыттау элементі суретке түсіру мезетінде болатын, жобаланатын сәулелердің байланысын қалпына келтіріп, аэрофотосуреттерді дәл фотограмметриялық өңдеу жүргізуге мүмкіндік береді.

Геометриялық оптиканың негізгі формуласынан

$$\frac{1}{f} = (n_{C/B} - 1)(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}) \cdot \qquad (47)$$

объективтің фокустық арақашықтығы сыну *n* көрсеткішіне (әйнек-ауа орта үшін) және линзаның қисықтық радиусына *r* тәуелді, бұлар жарық ағынының толық ұзындығына, температура мен ауаның қысымына тәуелді.

Осыған байланысты фокустық арақашықтықтың бірнеше түрі бар: есептік, есептеу кезінде шығарылған және объективті құру кезінде; нақты, стандартты атмосфераның параметріне және белгілі бір спектрлі аймаққа сай келуі; нақты – мезетті, суретке түсіру сәтіне сәйкестілік; калибрлі – белгілі бір шартқа сай АФА-ның фокустық арақашықтықтың физикалық шамасын анықтау негізінде есептеп шығарылуы, мысалы, дисторсия кателігінің квадраттар қосындысы ең аз болу керек: *[vv] =min.*

ІБЭ және дисторсияны анықтау әдістері екі түрге бөлінеді: көз мөлшерімен (визуальды) және фотографиялық. Соңғысы камералды

және далалық болып бөлінеді.

7. 2. 2. Дистория мәнін және аэрофотоаппараттың ІБЭ-сін көз мөлшерімен анықтау

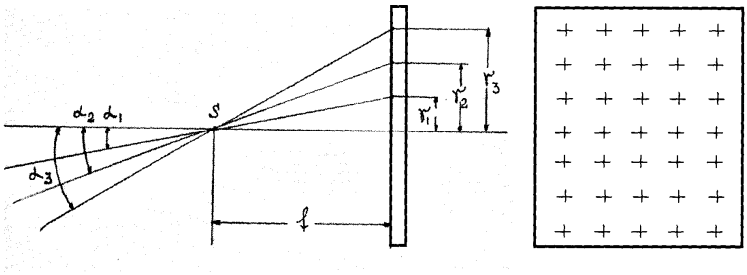
Әдістің мәні АФА-ның фокальды жазықтығына бақылау торы орнатылады, қиылысулардың аралығындағы қашықтық жоғары дәлдікпен белгілі. Жазықтықтағы зат бақылау торы маркасының арасындағы бұрыш объективтің артқы басты нүктесінің төбесімен немесе ұшымен өлшенеді.

f фокустық арақашықтығы тік бұрышты үшбұрыштың оптикалық өлшенген бұрышымен және белгілі катетті *r* есептеу жолымен шығарылады:

$$f_i = \frac{r_i}{tg\alpha_1} == r_i ctg\alpha_i . \tag{48}$$

Табылған *f* мәнінен камераның фокустық арақашықтығын орта мән $f_к$ ретінде есептесек:

$$f_k = \frac{\sum r_i}{\sum tg\alpha_i} . \tag{49}$$

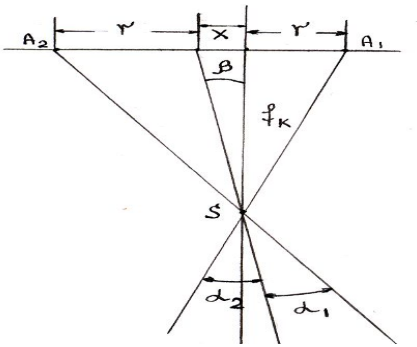


26-сурет. ІБЭ-рді көз мөлшерімен анықтау әдісі

Онда басты нүкте координат басында орналасқан жағдайда, фотограметриялық дисторсия мына формуламен анықталады:

$$\delta_1 = r_i - f_k tg\alpha_i . \tag{50}$$

Практикада басты нүкте координат басымен сай келмейді (27- сурет)



27-сурет. Дисторсияның ассимметриясы

Бұл кезде басты нүктенің орнын дисторсияның симметрия туралы болжамымен бас нүктеге қатысты есептейді.

Егер х мәніне басты нүктемен өлшегіш тордың ортасы қиылыспаса, онда:

$$\alpha_1 \neq \alpha_2 \text{ және } \alpha_2 - \alpha_1 = \beta . \tag{51}$$

A_1 нүктесі үшін дисторсия:

$$\delta_1 = r - f_k tg\alpha_1 = r - f_k \frac{r}{f_1} = r(1 - \frac{f_k}{f_1}), \tag{52}$$

A_2 нүктесі үшін

$$\delta_2 = r(1 - \frac{f_k}{f_2}). \tag{53}$$

$f_k = \frac{r-x}{tg(\alpha_1 - \beta))}$ немесе $f_k = \frac{r-x}{tg(\alpha_2 - \beta)}$ орнынан қойып

(51) $$\delta_1 = r - \left(1 - \frac{r-x}{f_1 tg(\alpha_1 - \beta)}\right) = r\left(1 - \frac{(r-x)(1+tg\alpha_1 tg\beta)}{f_1(tg\alpha_1 - tg\beta)}\right), \tag{54}$$

аламыз

мұнда $tg\alpha_1 = \frac{r}{f_1}$, $tg\beta = \frac{x}{f_k}$ тең болғандықтан, онда:

$$\delta_1 = r\left(1 - \frac{(r-x)(1+\frac{r}{f_1}\cdot\frac{x}{f_k})}{(r + x\cdot\frac{f_1}{f_к})}\right). \tag{55}$$

х шамасы кіші екенін ескеріп, $\frac{f_1}{f_k} \approx 1$, қысқартқаннан кейін мынадай формула аламыз

$$\delta_1 \approx \frac{-r^2 x}{f_1 f_k}, \quad \delta_2 \approx \frac{r^2 x}{f^2 f_k}. \tag{56}$$

Дисторсия айырмасы:

$$\delta_2 - \delta_1 = r^2 \left(\frac{1}{f_2 \ f_к} + \frac{1}{f_1 \ f_k} \right) \approx \frac{2r^2 x}{f_k^2}, \tag{57}$$

$\frac{r_i}{f_k} = tg\alpha_i$ екенін ескере отырып, дисторсияның асимметриясы байланыстыратын басты нүктенің координатасының формуласын аламыз

$$x_1 = \frac{\delta_2 - \delta_1}{2tg^2 \alpha_1}. \tag{58}$$

Көп мөлшердегі марканың *n* өлшемдерін өңдеу кезінде басты нүктенің координатасы мына формуламен есептеледі:

$$x_0 = \frac{\sum \delta_2 - \sum \delta_i}{2\sum tg^2 \alpha_{ix}}, \ y_0 = \frac{\sum \delta_2 - \sum \delta_i}{2\sum tg^2 \alpha_{iy}}. \tag{59}$$

Басты нүктенің координатасы анықталғаннан кейін, радиальды дисторсияның мәндеріне алдын ала түзетулер енгізіледі

$$\Delta\delta_x = x_0 tg^2 \alpha_x, \ \Delta\delta_y = y_0 tg^2 \alpha_y. \tag{60}$$

Дисторсияның ақырғы мәні мынаған тең болады:

$$\delta_x = \delta_x \pm \Delta\delta_x, \ \delta_y = \delta_y \pm \Delta\delta_y. \tag{61}$$

7. 3. Аэрофотоаппаратты калибрлеудің фотографиялық әдісі

Фотографиялық әдіс калибрлеу жағдайын АФА-ны эксплуатациялаудың нақты жағдайына келтіруге мүмкіндік береді. Бір жазықтықта немесе екі өзара перпендикуляр жазықтықта орналасқан. Кол-

лиматор көмегімен жобаланатын сәулелердің кеңістік байланысын туғызатын аспаптарды жазықтық немесе кеңістік түріндегі *фотографиялық орындық* деп атайды. Бұл аспаптар фотокамераның тік орналасуын болжап, бір нүктеде қиылысатын кеңістіктегі заттың әр түрлі жобаланатын сәулелер жүйесін құрайды.

Оптикалық аспап (орындық) – остері бір нүктеде қиылысатын және бір жазықтықта болатын коллиматорлар қатарынан тұрады. Бұл жазықтықта екі көмекші дүрбінің остері бар. Коллиматорлар остерінің арасындағы бұрыш жоғары дәлдікте болады.

Зерттелетін АФА объективінің алдыңғы басты нүктесін коллиматорлар осінің қиылысу нүктесімен сәйкес келетіндей етіп, ал қолданбалы раманың жазықтығын орталық коллиматордың осіне перпендикуляр етіп орнатады.

Содан кейін АФА-ның қолданбалы рамасына фотопластинканы орнатады. Коллиматорлар торларын жарықтандыратын шамды жаққанда фотопластинада торлардың түйісу орындары бейнеленеді. Қосымша құбырлардың көмегімен пластинаның кері жағына (таңба) белгі жобаланып, ол оның бұрмаланған бағытын көрсетеді. Пластиналарды фотоөңдеуден кейін, компаратордағы "крестердің" бүйірлеп ығысуын, яғни тангенсиалды дисторсияның мәнін өлшейді.

Фотографиялық әдістің негізгі кемшіліктері: фотоматериалдың эмульсионды қабатының метрлік тұрақсыздығы; экспозициялау кезінде фотопластинка орналасуының дәлсіздігі; коллиматорлар остерінің қиылысу нүктесіне қатынасты АФА қондырғысының жақындауы; коллимасторлар орналасуының тұрақсыздығы; бұрыш өлшегіш аспаптың қателігі; негативтегі белгі координатасын өлшеу қателігі . Бұл әдіспен ІБЭ – нің өлшеу қателігі ± 7 мкм.

7. 3.1. ІБЭ жұлдыз суреттері бойынша анықтау принциптері

ІБЭ жұлдыз суреттері бойынша анықтау принциптері: жұлдыз бойынша АФА – ны калибрлеу әдісінің пайда болу себептері; Спутинктік фотокамералардың пайда болуы; жұлдыздардың сәуле шығаруының жарық қуатын белгілеуге қабілетті жарық сезгіш фотоматериалдың пайда болуы; жұлдыздар – координатасы жоғары дәлдікпен белгілі нүктелер жүйесін құрайды, ал олардың алыстап кетуі жердің кез келген нүктесінен және жерге жақын ғарыштық кеңістіктен бағыттауы, жердің ортасынан шығады деп есептеуге мүмкіндік береді.

Әдістің негізіне суреттегі жұлдыздар бейнесінің орналасуы және астрономиялық мәліметтер бойынша алынған есептік мәндер арасындағы тәуелділік қойылған.

Қатенің негізгі көздері: фотографиялық процестің қателігі (фотома-

териалдың деформациясы, экспозициялау кезінде пленканың тегістелмеуі); ІБЭ – ні анықтау және АФА – ны эксплуатациялау кезінде жарықтың спектрлі құрамының сәйкес келмеуі; жұлдыздар бейнесінің координатасын өлшеу қателігі; бейненің құрылу геометриясына атмосфералық рефракцияның әсер етуі; қате тану және жұлдыздардың каталогтық координата қателігі; жердің прецессиясы мен нутациясы, жұлдыздың параллаксы мен аберрациясының әсер етуі.

Аталған факторлардың фотографиялық процеске ең көп әсер ететін қателігі – ± 0,009 мм. Калибрлеу мен эксплуатациялау кезінде жарықтың спектрлі құрамының сәйкес келмеуі ± 0,005 мм қателігін береді. Жоғары дәлдікті монокомпараторда жұлдыз бейнесінің координатасын өлшеу қателігі ± 0,002 мм құрайды.

7. 3. 2. Тірек нүктелері бойынша ІБЭ – ні анықтау принципі

Жобаланатын сәулелердің байланысын бұзатын негізгі көздері: обьективтің дисторсиясы; фотоматериал деформациясы; рефракцияның және термобарилық факторлардың әсер етуі; жазықтықта фотопленканың тегістелмеуі; жарық фильтрінің сына тәрізділігі; суреттегі нүктелердің координатасын өлшеу қателігі.

Зертханалық калибрлеу нәтижелері жуықталған мәндер ретінде қызмет етеді. АФА – ны калибрлеу қатаң әдіспен және ақиқатқа жақын шартпен орындалуы керек. Сондықтан ұшу жағдайындағы калибрлеу аса жетілген әдіс болып табылады. Бұл есеп екі жолмен шығарылады.

Фотографиялық жүйенің барлық элементінің параметрлерін анықтайды, суретке түсіру жай - күйінің мәліметтерін тіркейді және жүйелік қателердің аэрофотосуреттегі нүктеге әсер етуі бойынша сол түзетулерге сүйенеді.

Қалғандарымен бірге фотограмметриялық түрде өңделетін, АФТ кезінде бірнеше арнайы суреттерді алады.

Бұл әдістердегі қателіктерді есепке алу процесін *суреттерді калибрлеу* деп аталады. Калибрлеу нәтижесінде фотобейне нүктелерінің орталық проекциядан ауытқуын сипаттайтын мәндері алынады. Бұл мәндер *калибрлеудің параметрлері* деп аталады. Оларға ІБЭ-нің түзетулері және барлық қате көздерінің жиынтығының әсерінен нүкте координатасындағы түзетулер жатады.

Калибрлеу әдісінің мәні бір жүйеде координатасы бар, нүктелер қатарынан тұратын, жергілікті жерде арнайы полигонды түсіріс шартына жақын шарттарда АФА – ны суретке түсіруден тұрады.

Есепті шығару – жергілікті нүктелердің геодезиялық координатасы аэрофотосуреттегі олардың бейнесінің координатасы мен арасын-

дағы байланыс теңдеуін қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Негізгі қателік көздері: суретке түсіру процесінің қателігі; діріл-дің әсер етуі және ұшу аппаратының кіріс қозғалысы; атмосфералық рефракцияның әсер етуі; полигонның нүктелер бейнесін тану қателігі.

АФА – ны калибрлеу үшін сыналатын полигонның талаптары:

1. Берілген түсіріс масштабы үшін полигон аумағы полигонның барлық ауданы бойынша маркіленген белгі бейнесінің суретімен қам-тамасыз етілуі керек:

$$L = ml\,. \tag{62}$$

2. Белгінің қалыңдығы S олардың орналасуы және арасындағы өсімшесі АФА – ны калибрлеудің тиісті дәлдігімен қамтамасыз етілуі керек *($h = 0.2H_ф$, $S = 15мм$).*

3. Жердегі барлық нүктелер маркіленуі тиіс, ал (диаметрі d) маркіленген белгілердің пішіні мен өлшемі, олардың фотобейнесіне аспап маркісінің жоғары дәлдікпен дәл келуін және танылуын қамта-масыз етуі керек:

$$d\ см = \frac{m}{300}\,. \tag{63}$$

4. Бір масштабта орындалған суреттегі полигон нүктелерінің өзара орналасуының қателігін анықтауда өлшеу қателігінен кіші болуы керек (2 – 3 мкм). Яғни сурет масштабындағы полигонның пландық – биіктік қателігі 1 – 3 мкм- ден артық болмауы керек.

$$m_{xy} = m\delta_{xy};\ m_z = \frac{\delta_{xy} H}{r_{xy}}, \tag{64}$$

мұндағы m_{xy} – полигонның нүктелер координатасының орташа квадраттық қателігі; m_z – биіктікті анықтаудағы орташа квадраттық қателік; $\delta_{x,y}$ – сурет масштабындағы полигонның нүктелер координата-сының орташа квадраттық қателігі; m – сурет масштабының бөлімі; H – суретке түсіру биіктігі; $r_{x,y}$ – полигон белгі бейнесінің суреттегі координатты осіне радиус – вектор проекциясы.

5. Жерге белгілерді бекіту – олардың орналасуының беріктігін және ұзақ мерзімге пайдалануды қамтамасыз етуі керек.

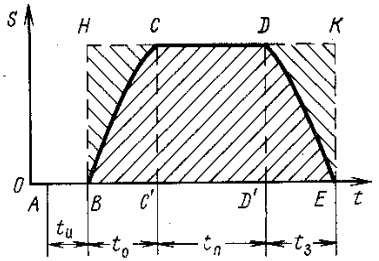
7. 4. Аэрофотоаппараттардағы экспонирлеу жүйесі

Топографиялық АФА –ның экспонирлеу жүйесіне жалпы немесе ортақ талаптар. Экспонометриялық қондырғы деп, түсіріс объектісінен жарық сәулелерін фотоматериалға мөлшерлеп өткізуге арналған *қақ-пақты* айтады. Талап етілетін сападағы бейнені алу үшін аэрофото-қақпақ мынадай талаптарды қанағаттандыруы тиіс:

1. Берілген мәндердің ұстамдылығын керекті диапазонмен қамтамасыз ету керек.
2. Аэросуретке бұрмалауды енгізбеу керек.
3. Ұсталым қондырғысының дискретті және үзіліссіздік мүмкіндігімен қамтамасыз ету.
4. Аэрофотоқақпақтың параметрлері АФА - ның обьективін диафраг-малауға тәуелсіз болу керек.
5. Барлық бейне алаңы үшін ұсталым тұрақтылығын қамтамасыз ету керек.
6. Суреттің барлық нүктесін бір мезгілде экспонирлеуді қамтамасыз ету керек.
7. Қақпақтың пайдалы әсер коэффициентін жоғарғы мәнмен қамтамасыз ету керек.
8. Бейне алаңы бойынша жарық таралымын нашарлатпау керек.
9. Рұқсат етілген қабілеттілікті төмендетпеу керек.
10. Эксплуатациялау процесінде жоғары сенімділікті қамтамасыз ету керек.
11. Қарапайым конструкциясы болуы керек және эксплуатацияда қолайлы болуы тиіс.

Аэрофотоқақпақтың негізгі сипаттамалары: ұсталым шамасы және диапазон ұсталымы; оптикалық пайдалы әсер коэффициенті (ОПӘК); цикл ұзақтылығы.

Қақпақтың оптикалық пайдалы әсер коэффициентін анықтау. Графикалық әдіс (28 - сурет).



28- сурет. Қақпақтардың ПӘК анықтаудың графикалық тәсілі.

S – обьективтің саңылау ауданы, t – (ұсталым). А нүктесі – АФА – ның командалық аспабының қақпағына импульс беру уақыты. В нүктесі – қақпақтың инерциясы; t_0 – қақпақтың бастапқы жабылуының фазасы; t_n – қақпақтың толық ашылу фазасы; t_3 – қақпақтың жабылу фазасы; $t_ф = t_0 + t_n + t_3$ нақты ұсталымы, фотоматериалдың жарық әсеріне ұшыраған уақыты

Оптикалық пайдалы әсер коэффициенті (η) қақпақ арқылы өткен жарықтың, лезде ашылып – жабылатын идеал қақпақ өткізетін жарықтың мөлшеріне қатынасын көрсетеді:

$$\eta = \frac{\int_0^{t_\phi} F dt}{F_n t} = \frac{S}{P}, \tag{65}$$

мұндағы *S* – *ВСДЕ* пішінінің ауданы, *P* – *ВНКЕ* пішінінің ауданы.

Тиімді ұсталым – $t_{эф}$ уақыт, осы уақыт ішіндегі жақсы "қақпақ" t_ϕ – уақыты ішіндегі жай "қақпақ" жіберетін жарық мөлшерін жіберер еді. Ал жақсы "қақпақта" $t_0 = t_3 = 0$.

ОПӘК қақпақ жұмысының бөлек фазасы үшін ашылу фазасы, толық ашылу фазасы, жабылу фазасына сай:

$$\eta_0 = \frac{\int_{t_u}^{t_0} F_i dt}{F_n t_0} = \frac{S_0}{P_0}; \ \eta_n = \frac{\int_{t_0}^{t_0+t_n} F_i dt}{F_n t_n} = \frac{S_n}{P_n} = 1;$$

$$\eta_3 = \frac{\int_{t_0+t_n}^{t_\phi} F_i dt}{F_n t_3} = \frac{S_3}{P_3}. \tag{66}$$

Үш коэффициентті қосқанда:

$$\eta = \frac{S_0/p_0 + S_n/p_n + S_3/p_3}{p} = \frac{p_o\eta_0 + p_n\eta_n + p_3\eta_3}{p}. \tag{67}$$

Қақпақтың жылдамдығы бірдей $p_3 = p_0$ болғандықтан $\eta = 1 + 2\frac{p_0}{p}(1-\eta_0)$ ескергенде, $\frac{P_0}{P} = \frac{t_0}{t_\phi}$, ОКӘП формуласын аламыз:

$$\eta = 1 - 2\frac{t_0}{t_\phi}(1-\eta_0). \tag{68}$$

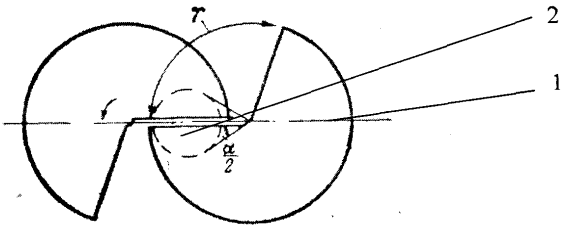
Осы заманғы АФА-да ОПӘК мынадай шектерде жатады: 0,3 – 0,95. Жуықтап есептегенде $\eta_0 = 0{,}5$ деп болжайды. Онда:

$$\eta = 1 - \frac{t_0}{t_\phi}. \tag{69}$$

"Қақпақ" тиімді ұстамы (выдержка) $t_{эф} = \eta \cdot t_\phi$.

"Қақпақ" конструкцияларының түрлері

Орталық қақпақтар – объектив арқылы ортадан жан – жағына жарық ағынын өткізу сипаттамасымен анықталады (29-сурет).



29 - сурет. Орталық "қақпақ" конструкциясының принципі

29 - суретте: 1 – тілігі бар желек (ламель) ; 2 – объектив; γ - желек тілігінің бұрышы; α - қармап алу бұрышы, желек айналу орталығында объективтің әрекеттегі саңылауына жанаса құрылған. r – желек ортасынан оптикалық оське дейінгі қашықтық.

Оптикалық остен r шамасына алыстатылған, қақпақ желегінің айналу ортасы шеңбер бойынша симметриялы орналасады. Орталық қақпақтағы тік әрекеттегі (ротативті) дискінің қозғалысы бір бағытта, кері әрекетте (реверсивті) екі бағытта болады.

Екі немесе одан да көп ламельден тұратын көп дискілі қақпақтар қолданылады. Дискілер асырылып орнатылады, айналу кезінде олар ортасынан жан – жағына әрекеттегі саңылауларды ашады.

Орталық қақпақтың ОПӘК анықтау үшін қақпақтың ашылу фазасын есептейміз.

$$t_0 = \frac{\alpha}{2\varpi};\ t_n = \frac{\gamma - \alpha}{\varpi};\ t_3 = \frac{\alpha}{2\varpi}, \tag{70}$$

мұндағы ϖ – ламель айналуының бұрыштық жылдамдығы. Нақты ұсталым анықталады: $t_\phi = t_0 + t_n + t_3 = \frac{\gamma}{\varpi}$ және әрі қарай ОКӘП

$$\eta = 1 - \frac{\alpha}{\gamma}(1 - \eta_0)\cdot \tag{71}$$

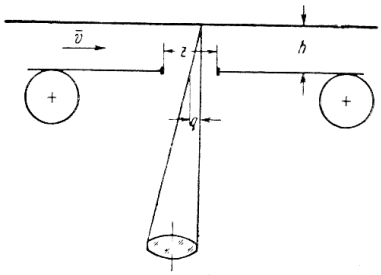
Қазіргі заманғы АФА-да ротор түріндегі қақпақтар орнатылады, экспонирлеу алдында және түсіріс уақытында олардың үзіліссіз қозғалысы жылдамдықты бірте – бірте қосу әрекет принципіне негізделген. Тілігі бар екі қос өсті дискі, бірдей жылдамдықпен редуктор арқылы мотор көмегімен әр түрлі бағытта айналады. Дискіде жасалған тіліктер әрбір айналымда екі рет кездеседі. Уақыттың керек сәтінде экспонир-

леу үшінші дискінің көмегімен орындалып, ол командалық аспаптың сигналы бойынша қақпақ желектерінің кездесуіне қажетті әрекеттегі саңылауды уақытша ашады.

Ротор түріндегі қақпақтардың артықшылығы: тұрақты көру аумағының жоғарғы ОПӘК – не жетістігі, ұсталымның аз шамасын қамтамасыз ету (желек айналуының жылдамдығы көбейген кезде); ландшафтыны жарықтандыру және сәулелендіруге пропорционал айналу жылдамдығын реттеу жолымен экспонирлеуді автоматтандыру мүмкіндігі; барлық кадрды бір мезгілде экспонирлеудің арқасында бейненің геометриялық бұрмалауының жоқтығы; дірілдің жоқтығы; линзааралық кеңістікте орналасуы.

Тесікті қақпақтар. Объектив линзасынан тыс орналасады.

Түрлері: перделі – тесікті, жарық сезгіш материалының алдында қозғалады.



30 сурет. Перделі - тетікті қақпақтың жұмыс істеу принципі

h – фотоматериал бетінен пердеге дейінгі қашықтық;
V – перденің қозғалу жылдамдығы; Z – тесіктің ені

Тетікті қақпақтардың ОПӘК мына формуламен анықталады:

$$\eta = \frac{z}{z+q} \text{ немесе } \eta = \frac{z}{z+h/z}. \qquad (72)$$

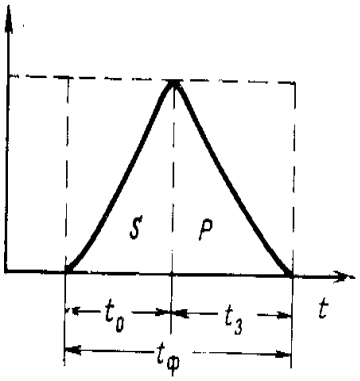
Формуладан байқалғандай, осындай түрдегі қақпақтардың артықшылығы: тесіктің ені мен перденің қозғалу жылдамдығының есебінен, керекті ұсталым диапазонымен қамтамасыз етеді; ОПӘК мәндері үлкен ($h=0$, 11=1).

Кемшілігі: нәтижесінде топографиялық АФА – да түсіретін жер бейнесінің геометриялық бұрмалауында бұл түрдегі қақпақ қолданылмайды.

Түрлі үлескінің кадрын бір мезгілде экспонирлемеудің нәтижесінде бұрмалауды мына формуламен есептейді

$$\delta = \frac{(f-h)W}{VH}, \qquad (73)$$

мұндағы W - әуе кемесінің қозғалыс жылдамдығы; V – қарама – қарсы бағыттағы қақпақ пердесінің қозғалыс жылдамдығы.



31- сурет. Жалюз қақпағының жұмыс графигі

Бұл қақпақтардың екінші кемшілігі: қолданбалы рамаға сағаттың көрсетілуі, деңгей және басқа да көмекші аспаптарды орналастыру мүмкін еместігі.

Тетікті қақпақ құрылымы жылжымалы пленка және қозғалмайтын тесігі бар қақпақты білдіреді.

Обтюратор қақпағы – объектив алдына тесікті қақпақ орнатылуымен елестетіледі.

Жалюз түріндегі қақпақ 180º-қа жуық бұрышпен бір мезгілде айналдыруға келтіретін, өзара болмашы шамамен жабатын ламель мен механизмнен тұрады. Қақпақ объективтің оптикалық жүйесінен тыс орнатылады. Ламельдердің бұрылымы созылған осьтің айналасында тура және кері бағытта да болуы мүмкін. “Жалюз” түріндегі қақпақтың жұмыс кестесі.

Қақпақтың жұмысын сипаттайтын параметрлері, жабу коэффициенті мына формуламен анықталады:

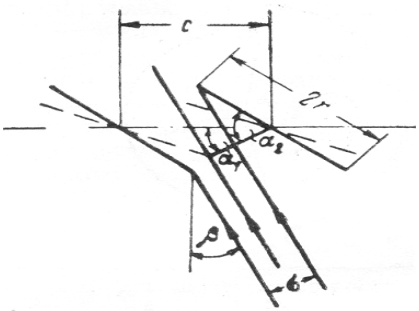
$$K = \frac{2r-c}{c}, \qquad (74)$$

мұндағы $2r$ – жарманың ені, c – жарма остерінің арасындағы қашықтық.

Қақпақтың жұмыс кестесінен көрініп тұрғандай, толық ашылу фазасының ұзақтылығы нөлге тең, ал ОПӘК < 0,5. ОПӘК мына формуламен анықталады:

$$\eta = 1 - \frac{(\mathrm{K}+1)(1-\mathrm{Si}\alpha_1)}{\cos\beta(\pi/2-\alpha_1)} \quad , \tag{75}$$

мұндағы α_1 – инерция бұрышы (берілген нүктені экспонирлеуге дейінгі ламельдің қозғалысын бастау бұрышы); β - сәуле және оптикалық ось арасындағы бұрыш (32-сурет).



32-сурет. Жалюз қақпағының ПӘК

Жалюз түріндегі қақпақтың кемшіліктері: ОПӘК төмендігі; бейненің бұрмалануы; кадрдың әр түрлі нүктесі үшін бірқалыпсыз ұсталым есебінен жарық таралымының нашарлауы; қақпаққа байланысты түсетін жарықтың дифракция нәтижесінде рұқсат етілген мүмкіндіктің төмендеуі.

Артықшылығы: конструкцияның қарапайымдылығы, жоғарғы сенімділігі.

Бақылау сұрақтары:

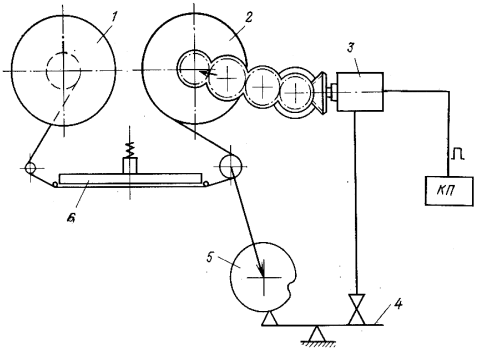
1. АФА – ның ішкі бағыттау элементтерінің (ІБЭ) анықтамасы.
2. ІБЭ білу не үшін керек?
3. ІБЭ – ні көз мөлшерімен анықтау әдісінің мәні.
4. ІБЭ – ні зертханалық фотографиялық әдіспен анықтаудың мәні.
5. Жұлдыздар суреттері бойынша ІБЭ – ні анықтау .
6. Тірек нүктелері бойынша ІБЭ – ні анықтау әдісінің мәні.
7. Аэрофозаторды анықтау.

8. ФОТОАППАРАТТАРДЫҢ КАССЕТАЛАРЫ

8. 1. АФА кассеталарының жабдығы

Кассета – деп суретке түсіру кезінде оны орауға және жазықтықта тегістеуге, жарық сезгіш материалды жарықтан қорғауға және орналастыруға арналған аэрофотоаппарат бөлігі.

Кассетаға қойылатын талаптар: берілген пленка мөлшерін сыйдыруын қамтамасыз ету; арасындағы берілген қашықтықты ұсталыммен кадрдан кадрға орауды қамтамасыз ету; пленкіні тегістеуді қамтамасыз ету; жарық өткізбейтіндігін және механикалық жерден қорғауды қамтамасыз ету.



33-сурет. АФА кассета жабдығының сызбанұсқасы

1 – катушка; 2 – орама катушка; 3 – қозғалтқыш; 4 – иінағаш; 5 – мөлшерлі білікше; 6 – сықпалы үстел

Кассета аэрофотопленканы орналастыру жабдығынан, тасымалдау және тегістеу механизмінен тұрады. Кассеталар алынбалы – салынбалы және алынбайтын – салынбайтын болып бөлінеді. Экспонирленбеген аэрофотопленкасы бар катушканы *орайтын*, экспонирленген фотопленканы орайтын катушканы *қайта ораушы* деп атайды.

Кассета пленкасының қозғалу сипатына қарай 2 топқа бөлінеді: үзілісті қозғалыспен (АФА барлық кадрында); үзіліссіз қозғалысты пленка (тесікті АФА).

Тасымалдау механизмі автономиялы жетектен (барлық топографиялық АФА) немесе камераның үлестіру механизмінен жұмыс жасайды.

Тасымалдау механизмдерінің түрлері

Өлшенбелі – созылмалы – цикл барысында тұрақты айналым санын жасайтын, пленка қозғалысын келтіретін механизм ретінде өлшенбелі білікше қызмет атқарады. Пленканың жылжып кетуін шектеу үшін (пленканың перфорациясымен жетіледі), бұл механизмде пленкамен сенімді байланысты қамтамасыз ететін өлшенбелі білікшенің арнайы конструкциясы талап етіледі.

Созылмалы - өлшенбелі, айналу қозғалысы кассета жетегінен берілетін, жетекші буын ретінде оралмалы катушка қолданылады. Аэропленканың қозғалысы кезінде пленка өлшегіш білікшені тығыз тартып, нәтижесінде орағыш катушка айналып цикл ағымында әрқашан сол бір айналым санының ретін дәл орындай береді. Өлшегіш білікшенің радиусы тек тұрақты айналым саны, кезінде талап етілетін пленканың мөлшері оралатындай болып есептеледі.

8. 1. 1. АФА кассеталарында аэрофотопленканы тегістеу әдісі

АФА кассеталарында аэрофотопленканы z тегістемеу нәтижесінде обьектив Δf фокусталмай, бейненің жылдамдығы нашарлап, өз кезегінде жүйенің рұқсат етілген мүмкіндігін төмендетеді. Одан басқа, аэрофотопленканы тегістемеуінен болған бейненің бұзылуы нүктелердің координатасын анықтауда қателік туғызады:

$$\Delta x = \frac{x}{f}\Delta f\,,\ \Delta y = \frac{y}{f}\Delta f\,. \qquad (76)$$

Аэропленканың тегістелмеуі суреттің басты нүктесінен алыстап және АФА – ның фокустық арақашықтығы кішірейген сайын өлшеу дәлдігіне қатты әсер етеді.

Тегістеу әдістеріне ұсынылатын талаптар: тегістеу сапасының атмосфералық жағдайдан тәуелсіздігі; пленканың физикалық зақымданбауы; бейненің геометриялық бұрмаланбауы;тегістеу циклінің қысқа мерзімділігі.

Аэрофотопленканы тегістеу әдістері

Бірінші тәсіл. Механикалық.

Бір жақты немесе екі жақты тарту тәсілі. Катушка арқылы пленка механикалық іске асырылады.

Тәсілдің кемшілігі: конструктивті күрделі, дәлдігі төмен, пайдалану сенімділігі төмен, топографиялық АФА-та қолданылмайды.

Екінші тәсіл. Бір қалыпты тегістеуші әйнекке пленканы қысу және созу тәсілі.

Топографиялық АФА-да пленкаларды тегіс жатқызу үшін қолданылады. Әйнек АФА объективінің тоғыстық жазықтығына қыстырылады, ал онда үлгілейтін оптикалық белгі көрсетілген “крест”, ол әр

түрлі факторлардың әсерінен болатын координаттардың қателіктерін анықтауға мүмкіндік тудырады. Әйнек АФА-ның оптикалық есептеу жүйесіне кіру керек. Тегістеу кассета үстелінің қысуымен жүзеге асырылады, ал оның қысымы 0,03 – 0,05 мм дәлдігін қамтиды.

Әдістің тиімділігі: қарапайымдылық, түсіріс жағдайына тәуелсіз, фотопленканың деформациясы мен дисторсиясын анықтауға мүмкіндігі бар.

Кемшілігі: жарық таралуы ұлғайып, кең бұрышты АФА-да көзге көрінетіндей өзгерістерді көрсетеді, фокустық арақашықтық өзгереді, әйнек терлеп, былғануына мүмкіндік береді, электрлік разрядталуы мүмкін.

Пневматикалық тәсіл. Топографиялық АФА-да қолданылады. Пневматикалық тәсіл АФА камерасы мен пленка бетіндегі қысымның әртүрлілігін туғызады. Бұл тәсіл қысу үстелінің ішкі жағынан ауаны сорып шығарып, қысу үстеліне аэропленка жапсырып ұстау үшін жүзеге асырылады. Үстел бетіндегі көптеген арықшалар мен жарықшақтар көмегімен ауаны сорып шығарады. Ауа «Вентура» түтікшесі арқылы және ұшақтың ішкі және сыртқы қысымының төмендеуі арқылы сорылады. Қажетті қалыпсыз қысым бір қалыпты болмаған жағдайда вакуумпомпа қолданылады.

Әдістің тиімділігі: объектив пен пленка арасындағы аралық ортаның жоқтығы.

Кемшілігі: дисторсия және деформацияны ескеретін мүмкіндіктің жоқтығы; вакуумдық жүйенің бүлінуі.

8.1.2 Бейне қозғалысы және оның сурет сапасына әсері

Аэрофототүсіріс суретке түсірудің динамикалық әдісіне жатады және бейне АФА-ның қолданбалы рамасының жазықтығында түсіріс масштабына байланысты ұшақ жылдамдығымен қозғалады

$$V_{из} = W\frac{f}{H} \ . \qquad (77)$$

Әуе кемесінің қозғалысынан туындаған АФА қолданбалы рама жазықтығындағы бейненің қозғалысы *бейненің жылжуы* деп аталады. Ол бейне жылдамдығының нақты ұстамдылығы туындысымен анықталады

$$\delta = V_{из}t_{ф} = \frac{W}{H}ft_{ф} \ . \qquad (78)$$

Бейненің жылжу мәнін төмендету тәсілі: әуе кемесінің жылдамдығын төмендету; ұшу жылдамдығын ұлғайту; аэрофотопленканың сезімталдығын жоғарылату, ұстамдылық мәнін төмендету; бейненің жылжуын компенса-

циялайтын механизмді қолдану.

8.1.3 Бейне қозғалысын механикалық компенсациялау тәсілі (БҚМК)

Сәуле шоғыры немесе фотоматериалдар қозғалысынан туындайтын компенсация қозғалысын, экспонирлеу кезінде жергілікті жердегі нүктелердің бейнесі жарық сезгіш қабатында бір жерде болуын *механикалық* деп атайды.

Компенсацияны объективтің немесе фотопленканың қозғалысы тудырады. Объективтің көмегімен болатын қозғалыс компенсациясы іс жүзінде қолданылмайды.

Бейне қозғалысын мехникалық компенсациялау тәсілінің талаптары:

1) "Қақпақ" іске қосылған кезде пленка бейненің қозғалыс бағытында $V_{Пл}$ компенсация жылдамдығымен $V_к$ бейне жылдамдығына $V_и$ сай жылжуы қажет.

$$V_{Пл} = V_к = V_и = W\frac{f}{H}. \qquad (79)$$

2) оптикалық бейне қозғалысының векторлық жылдамдығы қақпақтың іске қосылу кезіндегі пленканың қозғалу векторлық жылдамдығымен сәйкес келу керек. Сәйкес келмеу бұрыш мәні бейненің бұзылуына байланысты мынадай формуламен есептеледі:

$$Cos\gamma = 1 - 0{,}5\delta^2. \qquad (80)$$

3) фотоқақпақ іске қосылу кезінде АФА-ның оптикалық осі, Жер центріне бағытталып, жергілікті жердің вертикалымен сәйкес болуы тиіс;

4) АФА-ның көлбеу бұрышын экспонирлегенде, ұшақ қозғалысы бағытына перпендикуляр минимал болуы керек.

БҚМК әдісінің кемшілігі: пленканы тегістеу механизмінің күрделілігі; үлкен күшті қажет етуі; пленкадағы қысымның көптігі, пленканың қозғалыс жылдамдығының қалыпсыздығы.

БҚМК тиімділігі: түсірістің барлық нүктелері үшін компенсация жылдамдығының бірдей болуы, бейне сапасына әсер ететін қосымша оптикалық жүйенің жоқ болуы.

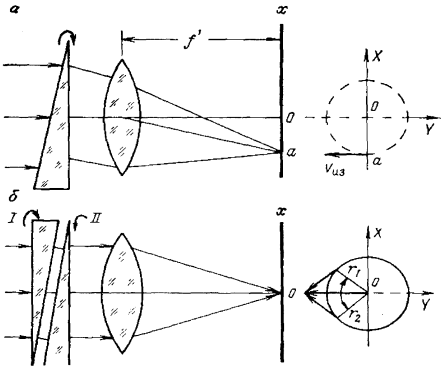
8.1.4 Бейне қозғалысын оптикалық компенсациялау әдісі (БҚОК)

Оптикалық құралдардың көмегімен фотоматериалға қатысты сәуле шоғырларымен құрылатын көлбеулікті *оптикалық компенсация* деп атайды.

Сәуле шоғырларының көлбеулігін туғызатын әдіс: объективтің артқы түйісетін нүктесі арқылы өтетін АФА-ның осі арқылы, бұрылатын айна көмегімен, объектив алдында орналасқан, айналатын екі оптикалық сына көмегімен айналдыру.

Камераның бұрылу әдісінің кемшілігі: қуатты және күрделі қондырғының қажеттілігі, барлық алаң бойынша бейненің қозғалу компенсациясының бірқалыпсыздығы.

Екі айналмалы оптикалық призма көмегімен қозғалатын бейне компенсациясының принципі–объективке дейін орналасқан сына көмегімен бейнені оптикалық тәсілмен көшіру негізінде құрылған (34 - сурет).



34-сурет. Бейнені қозғалтуды оптикалық компенсациялау принципі

Қозғалмайтын оптикалық сына арқылы өтетін жарық сәулесі (әйнектен сыну көрсеткіші n_c), сыну бұрышымен ε, өз бағытынан мына шамамен ауытқиды:

$$\gamma = \varepsilon(n_c - 1). \qquad (81)$$

Сына арқылы байқалатын тоғыстық жазықтықтағы бейненің ауытқуы мына формуламен анықталады:

$$\delta_r = \varepsilon(n_c - 1)f - r. \qquad (82)$$

Сынаны айналдыру кезінде бейненің әрбір нүктесі шеңбер бойымен r радиусты және компенсация жылдамдығымен былай анықталады:

$$V_к = \varphi_к r, \qquad (83)$$

мұндағы $\varphi_к$ – сынаның айналу бұрыштық жылдамдығы.

Бейненің қозғалыс жылдамдығы, сынаның бұрылу бұрышына, бағыты мен шамасына байланысты өзгереді (34 - сурет).

Бейне қозғалысы, бейне жылдамдығы V_u және компенсация жылдамдығының V_k тең болуы кезінде толық компенсацияланады.

$V_к$ және $V_{из}$ жылдамдықтары тең және бағыты жағынан қарама-қарсы болған жағдайда кадр экспонирленеді. Бұл теңдік шексіз аз уақыттың ішінде сақталады. Егер ұстамдылық көп болса, қалған қозғалыс соғұрлым көп болады.

Әдістің кемшілігі: АФА-ның оптикалық осі вертикальдан ауытқыған кезде кадр бойынша нүкте бейнелер қозғалысының бірқалыптылығы бұзылады; жарық энергиясының жоғалымы 10 – 15%-ды құрайды.

Бақылау сұрақтары:

1. АФА кассеталарының – анықтамасы.
2. АФА кассеталарына қандай талаптар қойылады?
3. Кассетадағы аэрофотопленка қандай әдістермен теңестіріледі ?
4. Теңестіру әдістеріне қойылатын талаптар.
5. Бейненің жылжу компенсациясының механикалық тәсілдерін атаңыз.
6. Бейне қозғалысы компенсациясының оптикалық әдісі.

8.2. Аэрофотоаппарат жұмысын басқару аппараттары

Командалық аспап (басқару пульты) – қашықтықтан басқару және АФА механизмдерінің негізгі бөліктерінің жұмысын бақылауға арналған.

АФА жұмысын басқарудың негізгі мақсаты: фотокамераны іске қосу, суретке түсірудің берілген аралығын қамтамасыз ету, ұстамдылық мәнін және оған қатысты тетікті (диафрагма) және басқа да операцияларды келтіру болып табылады. Негізгі түйіндердің (жұмыстарын бақылау) және механизмдердің жұмыстарын бақылау олардың жөнделу немесе қайтарымдылығы туралы белгі берілуінде, қуыстың жұмыс істелуінде, аэропленканың, айналдыру немесе басқа да жұмыстарын бақылау.

Командалық аспаптың негізгі атқаратын міндеті, АФА қақпағына электрлі сигналдарды арнайы уақыт аралығында кезекті аэротүсірісті жүргізу үшін периодты беріп отырады.

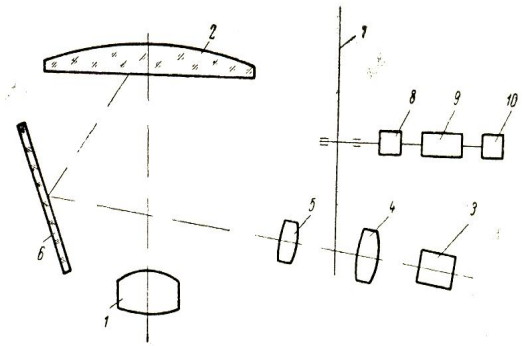
Командалық аспаптар (КА) екі түрге бөлінеді: уақыт интервалын ұстайды; берілген ұзына бойы қабаттастыруды қамтамасыз етеді.

КА бірінші түрі – берілген аралыққа және фотокамераға берілетін импульс механизм құбырларын орнықтыруға арналған.

КА екінші түрі - қашықтық арқылы берілген импульсті түрленген есепті шешу жолын ұзына бойы қабаттастыру

$$t = \frac{B_\chi}{W} = \frac{l_\chi (100 - P_\chi) H}{100 W f}. \qquad (84)$$

Формуладан белгілі болғандай, ұшу кезінде өзгеретін шамаларға Н биіктік және *W* жылдамдық жатады. Осы шамалардың мәндерін радиоқұралдармен – радиобиіктік өлшеуіштер (РВ) ілгері кету және жылдамдықты өлшейтін доплерлік өлшеуіштермен анықтайды (ДИСС). W/H мәнінің пропорционалдылығы оптикалық құралдармен анықталады. Бейненің орын ауыстыру жылдамдығы қолмен өлшеніп, КА жартылай автомат немесе арнайы бейне жылдамдығының бергіштерімен анықталады, бұл жағдайда КА автоматты болып табылады. КА ЭКМ жартылай автоматты сызбанұсқасы (35-суретте) көрсетілген. 1 объектив жергілікті жердің көрінісін 2 экранға жобалайды. Қосымша объективтің құрамы: (3) жарықтандырғыш (3), конденсатор (4), объектив (5), айнадан (6) құралып, негізгі оптикалық жүйеде дискі (7) қозғалысын тудырады. Қозғалтқыш (двигатель) редуктор (8) арқылы дискіні радиалды тілме жолдармен айналдырады. Қозғалтқыштың айналу жылдамдығы реттеліп отырады. Экрандағы қозғалатын жарық жылдамдығы қозғалтқыштың жылдамдығын өзгерте отырып бейненің қозғалу жылдамдығына сәйкес келтіріледі. Қозғалтқыштың айналу жылдамдығын W/H-қа қатысты пропорционал сәйкестендіргенде, қозғалтқышпен байланысты генератор (10), тұрақты тоқтың электр кернеуін W/H пропорционал шығарады. Бұл кернеу есептеу ЭКП-2 блогына беріліп, оған $f_к$ және P_x беріледі.



35-сурет. КП ЭКМ – 2 жартылай автоматты сызбанұсқасы

РВ және ДИСС деректері автоматты режімде W/H қатынасын анықтау үшін қолданылады.

ДИСС жұмысы Доплер эффектісіне негізделген, яғни ұшақтан жіберілген сигналдың жерден шағылған жилігі және сол ұшақпен қабылдануы ұшақтың ұшу жылдамдығына байланысты.

АФА-ны қамтамасыз ететін командалық аспаптың (КА) типі бойынша екі түрге бөлуге болады.

Импульсты КА – АФА-ның кадр жұмысын қамтамасыз ете отырып, командалық импульстер көмегін, аспаптың жұмыс істеу қарқынын басқарады.

Үздіксіз жұмыс істейтін КА – тетікті "саңылаулы" АФА-ның жұмысын қамтамасыз етеді. Оның ерекшелігі аспапта сыртқа шығарылатын электрлік кернеулік шамамен қамтылған. Бұл шама ұшу (W,H) параметрлерінің өзгеруіне байланысты үздіксіз реттеп, аэропленканы орайтын сызықтық жылдамдықпен және камераның тоғыстық жазықтықтағы бейнесінің бұрыштық жылдамдығын синхронды қамтамасыз етеді.

8.2.1.Автоматтандырылған экспонирлеу процесі

Н экспозициясы деп жарықтандыру мөлшерін айтып, фотоматериалдың және жарықтандырудың теңдеуін сипаттайды:

$$H = E_{из} t_{эф} . \qquad (85)$$

Фотоматериалды химиялық фотографиялық өңдеуді ескере отырып, тиімді экспонирлеуде, объектінің әр түрлі жарықтандырылған жерлерін бір қалыпты және объектінің кішкентай бөлшектерін айқын көрсетуді қамтамасыз ету қажет.

Аэрофототүсіріс кезіндегі тиімді экспозиция мынадай формуламен анықталады;

$$H_{опт} = \frac{10}{S_{D_0+0,85}} . \qquad (86)$$

$H_{опт}$ мәнін қамтамасыз ету үшін ұстамның "ұстам" қолайлы мәні:

$$t_{эф} = \frac{H_{опт}}{E_{из}} = \frac{10}{E_{из} \cdot S_{D_o+0,85}} . \qquad (87)$$

Объектіге түскен жарыққа байланысты бейненің жарықтандырылуы:

$$E_{из} = \frac{\pi B K}{4n^2 q}, \qquad (88)$$

мұндағы: K – объективтің жарық беру коэффициенті (0,4 – 0,8); $1/n$ – объективінің салыстырмалы тетігі; q – жарық фильтрінің кратты-

ғы; B – объектінің жарықтығы.

Осыдан ұстамдылықты қолайлы есептеудің формуласы мынадай

$$t_{эф} = \frac{40n^2 q}{\pi BK\ S_{D_0+0,85}}. \qquad (89)$$

Жалпы іс жүзінде ұстамдылықты былай есептейді

$$t_{эф} = \frac{40n^2 q}{E\bar{r}T_Z K\ \cdot S_{D_0+0,85}}, \qquad (90)$$

мұндағы: E – жер бетінің жарықтығы (кестеден алынады); $\bar{r}$ - жарықтың интегралды коэффициенті (≈ 0,14); T_Z – атмосфераның ашық коэффициенті (кестеден алынады).

Жоғарыдағы формуламен ұстамның жуықталған есебін шығаруға болады. Объектив алдындағы жарықты өлшейтін аэроэкспонометрді қолдана отырып, өзгеріп тұратын диафрагма мәндерін және жарықсезгіштікті есептеуде ұстамдылықты дәлірек көрсетеді.

Қазіргі жаңа АФА-да экспозицияны автоматты түрде орындайтын жүйелер қолданылады. Оның құрамы жергілікті жерді сканерлейтін фотоэлемент және сигналдарды шығаратын, оны түрлендіретін жиынтықты құрайды.

Экспозицияны реттейтін сызбанұсқа: тұрақты ұстамдылық кезінде диафрагма реттеледі; сонымен қатар бір мезгілде ұстам және диафрагма реттеледі; жарық ағынының жарықтығын өзгертпей, оның есептеу мәндері бойынша бағдарламалық реттеу.

Экспозицияны автоматты түрде бір қалыпқа келтіру (АРЭ) жұмыстарының дәлдігін жоғарылату АФА объективінің жарықтығын өлшеу үшін; АФА және АРЭ объективтерінің көру бұрыштарының теңдігімен жүргізіледі.

Бір мезгілде ұстам және диафрагманы бір қалыпқа келтіру сызбанұсқасы кеңінен қолданылуда (екі кезеңде істейді, біріншісінде ұстам қалыптастырылып, әрі қарай жарық ұлғайған сайын диафрагманы қалыптастыратын жүйе жұмыс істейді).

Экспозицияны автоматтандырылған қалыптастыру кезіндегі өлшенетін жарықтандыру түрлері: интегралды жарықтандыру (барлық объектілердің орташа жарықтығы) – кеңінен тараған өлшеу тәсілі; жарығы тым аз (үлкен қателіктер береді); жарығы өте көп (АФА-та қолданылмайды).

Экспозицияны автоматты қалыптастыру жүйелері интегралды жа-

рықтығы бойынша сәуле қабылдағыш құрылғыны, фотоматериалдың жарықсезгіштігін енгізу сызбанұсқасын, жарық фильтрінің еселігінен, "қақпақ" және диафрагма басқару блогына жарықты енгізуді қамтамасыз ететін құралдарды құрайды. Экспозицияны автоматты қалыптастыру жүйелері негативтердің интегралды оптикалық тығыздығын 10-15%-ды шегінде тұрақтандырады.

Бақылау сұрақтары:

1. Бақылау аспабының мақсаты.
2. Командалық аспаптың түрлері
3. Командалық аспаптың жұмыс істеуіне қандай деректер керек?
4. Сызбанұсқалар – автоматтандырылған экспозицияны қалыптастыру.
5. Экспозицияны қалыптастыру дәлдігін жоғарылату тәсілі.

9. ЛАЗЕРЛІК СКАНЕР, САНДЫҚ ЖӘНЕ ТОПОГРАФИЯЛЫҚ АЭРОФОТОАППАРАТТАР

9. 1 Аэрофотоқұрылғылар (АФҚ), олардың түрлері және қолданылуы

9. 1. 1. Аэрофотоаппараттар

Қазіргі жаңа әрі жетік топографиялық АФА-лар жоғарғы өлшеу мүмкіндіктерімен және аэрофототүсіріс жұмыстарын орындау кезіндегі негізгі жұмыс орындарының жоғарғы дәрежеде автоматтандырылуымен ерекшеленеді.

Ресей топографиялық аэрофотоаппараттары АФА-ТЭ, АФА-41, АФА-ТЭС, ТАФА-10 еліміздің аэрофототүсірістерін толық қамтамасыз етуде. Бұл аэрофотоаппараттар кадрының пішіні 18х18 см құрайды.

Қазіргі таңда Leica Geosystems компаниясы Қазақстан авиациясында аэрофототүсіріс процестерін соңғы авиациялық аэротүсіріс жүйелерімен қамтамасыз етуде. Бұл жоғарғы сапалы (RC30) пленкалы камералармен қазіргі заманға сай деректерді оперативті сандық түрде алуға мүмкіндік беретін жетік оптикалық электронды (ADS40 и DSS) аэротүсіріс жүйелері. Сонымен қатар жоғарғы дәлдікті және өнімділігі жоғары лазерлік сканер (ALS50) құралдары.

RC30 – сапалы, жылдам жұмыс істейтін және пленкалы сенімді аэрофототүсіріс жүйесі. Сурет форматы – 228 х 228 мм. Камера ұстанымы автоматты басқарумен және бейненің бұзылуын компенсациялайтын жүйемен қамтылған. Ұшу процесінде объективтің фокустық аралығын 153 и 303 мм екі рет ауыстыруға болады. Камера ұшақ аппаратының тербелісін бір қалыпқа келтіретін гиротұрақтандырғыш платформасына орнатылған.





Ұшу процесі бағдарламамен қамтылған компьютермен басқарылатын навигациялық қабылдағыш

Сканер

Гироплатформа

Оператор маниторы

36-сурет. Ұшақта орнатылған аэрофототүсіріс жүйесі – RC30

Ұшу процесінде алдын-ала дайындалған бағдарлама бойынша

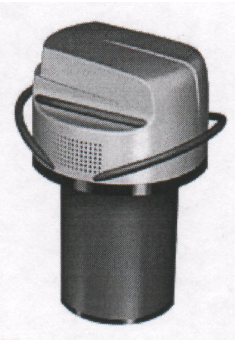
борттық компьютер жүйесімен басқарылады. Сонымен қатар жүйе құрамы ұшу процесін жоспарлауға, навигациялық деректерді жинауға және алдын ала өңдеуге арналған бағдарламаларды қамтиды.

14-кесте

RC-30 аэрокамерасының техникалық сипаттамасы

Техникалық сипаттамасы	Мәндері
Фокустық аралық	153 мм. (6”) объектив үшін 15/4 UAG-S; 303 мм. (12”) объектив үшін 30/4 NAT-S;
Көру аясының бұрышы	90° объектив үшін 15/4 UAG-S (кең бұрышты); 55° объектив үшін 30/4 NAT-S (нормальды);
Әйнектегі ішкі бағыттау белгілерінің саны	8
Қақпақтың ұсталым диапазоны	1/100 - 1/1000 сек.
Диафрагма диапазоны	*f/4 - f/22*

ADS40 – түсіру процесін автоматтандыруға арналған авиациялық сандық сенсор. Үш панхроматикалық сенсормен (әрқайсысы 12000 элементті жұп сызғыштан) бір мезгілде спектрдің барлық түрлері бойынша үздіксіз үш монохроматикалық көрініс алуға болады. Панхроматикалық диапазон, түсіріспен бірге жақын орналасқан инфрақызыл диапазонын және үш түрлі диапазонды қамтамасыз етеді (RGB - қызыл, жасыл, көк спектрдің көрнетін жақтары). Сонымен бір рет ұшу процесі кезінде, бір мезгілде жердің бес суретін алуға болады.



37-сурет. Авациялық сандық сенсор

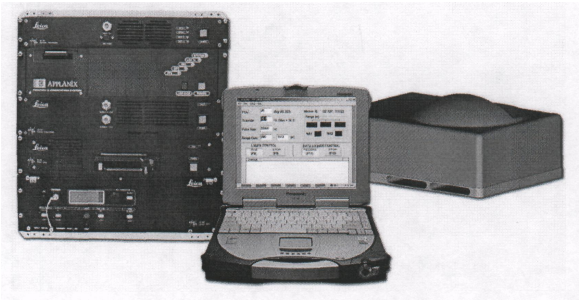
15-кесте

ADS40 авиациялық сенсорының техникалық сипаттамасы

Сипаттамасы	Мәндері
Көру аясының бұрышы (ұшу бағытына көлденең)	64^0
Объективтің фокустық аралығы	62,77 мм
ПЗС-сызғышының ақпаратты жазу уақыты	1,2 мсек
ПЗС-сызғыш элементтерінің өлшемі	6,5 мкм
Панхроматикалық сызғышқа арналған тіркелетін пиксельдер саны	24 000
Динамикалық диапазон (өңделмеген деректер үшін)	12 bit
Радиометриялық өлшемі	8 bit
Стерео бақылау бұрышы	16^0, 26^0 42^0

Ұшу процесі кезінде борттық навигациямен алынатын деректер ұшақтың ұшудағы траекториясының қалыпсыздығын жою үшін және сканердің сыртқы бағдарлаудағы параметрлерін дәлдеуде пайдаланылады.

ALS50 – жер бетінің профилін жоғарғы дәлдікте өлшеуге, әр түрлі ұшақтардан түсіруге болатын шағын *лазерлік сканер*. Кішкентай профильді сканер тік ұшақ және жеңіл ұшақтарға орнатуға арналған. Сканердің байқау бұрышы 75°, сканерлеу жилігі – 70 Гц-ке дейін, импульстерді генерациялау жиілігі 84 кГц -ке дейін.



38-сурет. Лазерлік ALS 50 сканері

Ұшу кезіндегі жұмыс істеу биіктігі 4000 м құрайды. Сканердің лазері көзге қауіпсіз.

DSS – Emerge компаниясы жасап шығарған, шұғыл материалдар алуға арналған, орта форматты сандық камера. 16 мегапиксельді үлгілеу сандық камера негізінде жасалған. Камера қорабына инерциялды өлшеу құралы және GPS орнатылған. Навигациялық өлшеудің өңдеу жүйесімен байланыстыратын POS/AV, борттағы компьютермен жұмыс істеп, бейне камерасынан алынған кеңістіктегі байланысты қамтамасыз етеді.

Аэрофотоқұрылғысы ұшақ аппаратына кассеталы фотокамераны бекітуге, бағыттауға және оны амортизациялауға арналған.

Фотокамераны бағыттау көлденең оске салыстырмалы түрде жүргізіледі – АФА-ның тік немесе көлбеу қалпына оптикалық ості беру үшін және тік оске салыстырмалы түрде алғандағы маршрут осі бағытындағы аэросуреттің ұзына бойы осін тұрақтандырады.

Аэросуреттің көлбеу бұрышы бойынша АФҚ-ның түрлері: пландық, перспективтік. АФА-ны ұшақта бекіту тәсілдері: қозғалмайтын, қозғалатын. Қозғалмайтын аэрофотоқұрылғысында АФА өзінің қалыпты жағдайын ұшу аппаратының корпусына қарағанда өзгертпейді.

Қозғалатын аэрофотоқұрылғысы тербелетін және гиротұрақтандыратын құралдар қатарына жатады. Тербелетін құрылғылар АФА-ның берілген бұрышында тербелісті қамтамасыз етеді. Тербелетін АФҚ аэрофотоаппарат оптикалық осінің бірнеше бекітілген қалыпты жағдайында тұра алады, сондықтан ол екі-үш маршрутты суретке түсіруді қамтамасыз ете алады.

Топографиялық аэрофототүсірістер үшін пландық аэрофотоқұрылғыларды қолданады, ол жұмыс барысында бекіткіш винттерінің көмегімен АФА-ның оптикалық осін қолмен тік қалыпты жағдайына бағыттап немесе автоматты түрде АФА-ны ілгері кету бұрышына бұруға мүмкіндік тудырады.

PAV30 – Гиротұрақтандырғыш аэрофотоқұрылғысы аэрофототүсіріс кешенінің ең маңызды элементі болып табылып, геодезиялық тік бағыттағы АФА-ның оптикалық осін автоматты түрде тұрақтандыру үшін қолданылады (40-сурет).

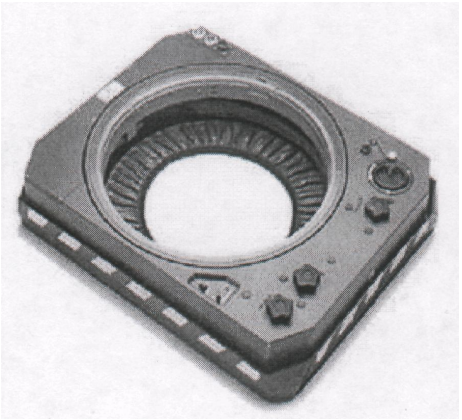
Гиротұрақтандырғыштың жұмыс істеу принципі екі гироскоптың іс әрекетіне негізделген: гироскоп осінің жағдайын кеңістіктік тұрақты сақтау; гиротұрақтандырғыштың тұрақтандырғыш және түзету, қалыптастыру жүйелері бар, нәтижесінде АФА-ның оптикалық осін тік бағытқа теңестіреді.

Гиротұрақтандырғыш құрылғысы-ның (ГТҚ) екі түрі бар: күш беруші ГТҚ – АФА-ны тұрақтандыруда тікелей гироскоппен жүргізіледі. Ол жұмыс істеу процесінде қалыпсыз жағдайларды ескере отырып, гироскоптық жағдайларды туғызады.

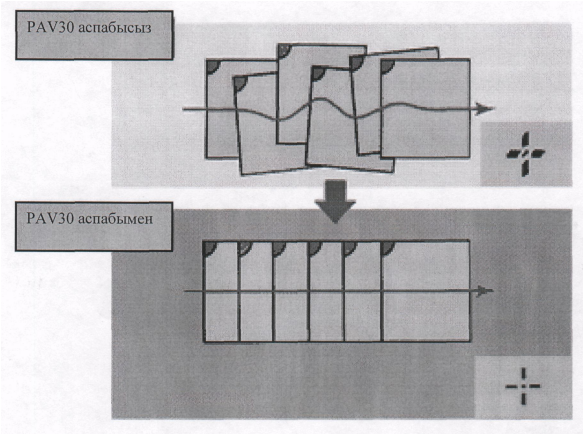
Индикаторлы ГТҚ-ы АФА-ны мынадай жүйеде тұрақтандырады: АФА-мен бір платформада орналасқан гироскоптық бергіштің сигналы бойынша платформа осін тік бағытта ұстап тұрады (41-сурет). Гироплатформаның негізгі сипаттамалары 16-кестеде келтірілген.



39-сурет. Орташа форматтағы сандық камера



40-сурет. PAV30 -Гиротұрақтандырғыш



41-сурет Түсіріс маршрутындағы гиротұрақтандырғышты қолданбау және қолдану түрі

Гироплатформаның негізгі техникалық сипаттамалары

16-кесте

Техникалық сипаттамасы	Мәндері
Крен және тангаж бойынша тұрақтандыру бұрышының диапазоны	+/- 5°
Ілгері әкетуді тұрақтандыру диапазоны	+/- 30°
Компенсациялаудан кейінгі қалған бұрыштық жылдамдық	< 0.3°/сек.
Суретке түсіру осінен ауытқу	< 0.2°
Гироплатформа массасы	34 кг

Қазіргі таңдағы жетік АФА камераларының салмағы ауыр (40 – 80кг). Сондықтан оларды тұрақтандыру үшін гироскоптардың кинематикалық тербелістері жоғары болуы қажет. Осының нәтижесінде ГТҚ-ны үлкен етіп жасайды.

Гироскопты бергіш аспаптары ретінде – орталық гиротік аспаптар қолданылады. Оның пішіні және салмағы өте үлкен емес, көлбеу бұрыштарын жоғары дәлдікте өлшейді. Осы жағдайдағы АФА-ны тұрақтандыру 10′-15′ дәлдікте жүргізіледі. Индикаторлы гиротұрақтан-

дырғыш құралының артықшылығы АФА еркін қол жеткізуге болады.

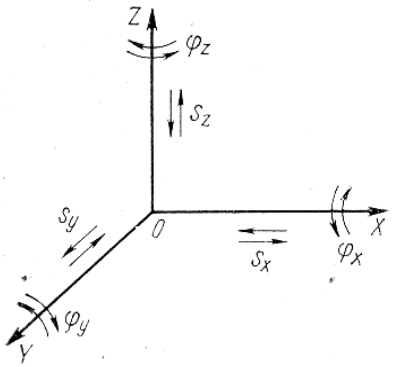
9. 1. 2. Сурет сапасына дірілдің әсері

Діріл көздерін екі топқа бөлуге болады. Сыртқы қалыпсыз көздері: ұшақ аппаратының бұранда моторы топтарының әсерінен болатын діріл; ұшақ аппаратының конструкциясы элементтеріне қарсы ауа қозғалысы; ұшақ аппаратының қозғалу параметрлерін өзгерту; аэродинамикалық және атмосфералық өзгерістерінің әсерлері.

Ішкі қалыпсыздық көздері: қақпақтың жұмысы; пленканы орау механизмі; пленканы теңестіру механизмі; АФҚ жұмыс істеу механизмдері; АФА ауырлық күшінің бір қалыпсыздығы.

Діріл АФА-дағы оптикалық остің бұрыштық және сызықтық тербелістеріне себеп болып, экспонирлеу кезінде бейненің жылуын тудырады, соның салдарынан аэросурет сапасы төмендейді.

АФА кеңістікте ұшақпен бірге қозғаланың отырып, суретке түсіретін беткейге қарағанда алты дәрежелі еркіндікке ие (42 -сурет).



42 – сурет. Аэрофотоаппарат қозғалысы

Дірілдің әсерінен АФА-ның қозғалысын салыстырмалы түрде өзара перпендикуляр орналасқан үш координаттар осіне *OX, OY, OZ* қатысты алты қозғалысқа бөлуге болады.

АФА-ның тік қозғалысы кезіндегі бейненің жылжуын мынадай формуламен анықтайды:

$$\delta V_Z = r \frac{V_Z t_\phi}{H}, \qquad (91)$$

мұндағы r – суреттің кейбір нүктесінен басты нүктеге дейінгі аралық; V_Z – АФА-ның тік қозғалысының жылдамдығы; t_ϕ – нақты ұс-

тамдылық; H – суретке түсірудің биіктігі.

АФА-ның көлденең қозғалысы кезіндегі бейненің жылжуы:

$$\delta V_{XY} = V_{xy} \cdot t_{\phi} \cdot \frac{f_{к}}{H}. \qquad (92)$$

$\delta V_Z, \delta V_{XY}$ бір тәртіптің мәні және ол ұшақтың әрбір қозалысынан болған бейненің жылжу мәнінен әлдеқайда кіші.

АФА-ның тік және көлденең осінің айналасында айналудағы бейненің жылжуы мынадай формуламен анықталады:

$$\delta\omega_Z = r\omega_Z t_{\phi},\ \delta\omega_{XY} = \frac{f\omega_{XY}}{\cos^2\beta} t_{\phi}, \qquad (93)$$

мұндағы β – объективтің оптикалық осімен жобаланатын сәуле арасындағы бұрыш.

Айталық, горизонталь оске қарағандағы АФА-ның тербелуіне не әсер етеді?

Егер $\omega_Z = \omega_{X_1Y}$ болған жағдайда, онда:

$$\frac{\delta\omega_{X_1Y}}{\delta\omega_Z} = \frac{f}{r\cos^2\beta}\ . \qquad (94)$$

АФА-ның бұрылуынан болатын көріністің жылжуы аспаптың айналу жылдамдығына және ұстамдылыққа пропорционал болады. Яғни, көріністің жылжуын төмендету үшін аспапты бұру жылдамдығын және ұстамдылықты азайту қажет. АФА-ны бұру жылдамдығы тербеліс амплитудасына байланысты болып, амортизация жүйесін төмендетеді.

Амортизатордың жұмысы динамикалық коэффициенттерімен сипатталады, яғни ол АФА-ның тудыратын тербеліс амплитудасының ұшақ конструкциясына бекітілген АФҚ-ның тудыратын тербеліс амплитудасына қатынасын білдіреді. Бұл коэффициент (тудыратын) болдыратын тербеліс жилігінің, амортизатордағы АФА-ның өзіндік тербелісі жиілігіне қатысты мәніне байланысты.

Егер, амортизацияланған АФА-ның өзіндік тербеліс жиілігі болдыратын тербеліс жилігінен 2 – 3 есе кіші болса, онда АФА тербеліс амплитудасы шамамен 4 есе төмендейді.

Ең көп тараған серіппелі (пружиналы) амортизаторлар 10 Гц-тен бастап жоғары дірілде тиімді жұмыс істейді. 1–10 Гц -ке дейінгі төменгі жиіліктегі дірілдерде серіппелі-сұйық амортизатор жақсы жұмыс істейді. Қазіргі жаңа аэрофотоқұрылғылар конструкциялары АФА-ны үлкен диапазондағы жиілікті дірілдің әсерінен сақтайды, АФА-ның оптикалық осінің бұрыштық тербелісін бір түзудің бойындағы қозға-

лыста қамтамасыз етеді.

АФҚ тиімді амортизаторлары мынадай коэффициентпен бағаланады

$$K = R_B / R_H . \quad (95)$$

мұндағы R_B – дірілдің әсері жағдайында алынған аэросуреттің бейнені қабылдау мүмкіндігі, R_H – қозғалмайтын АФА-дан алынған аэросуреттің бейнені қабылдау мүмкіндігі.

Бір қалыпты амортизациядағы K мәні 0,7 – 0,8 құрайды. АФҚ жоғарғы дәлдікті (прецизионды) К=0,9 – 0,95 мәндерімен қамтамасыз етеді.

Радиобиіктік өлшеуіштер (РВ). Радиобиіктік өшеуіштер жергілікті жерді суретке түсіру кезіндегі нақты биіктікті өлшеуге арналған. Радиобиіктік өлшеуіштің жұмыс істеу принципі арақашықтықты импульстік өлшеу әдісіне негізделген. Нүктелер арасындағы импульс тербелістерінің өту уақыты өлшеніп, арақашықтық анықталады.

Радиобиіктік өлшеуіш әлсін-әлсін импульстік тербелістерді ұшақтан жер бетіне дейінгі бағытта шығарады. Осы тербелістердің жартысы жер бетінен шағылып, радиобиіктік өлшеуіш қабылдағышымен қабылданады. Сонымен, әр уақыттағы импульстер бойынша және радиотолқындардың таралу жылдамдығымен биіктік анықталады.

Кейбір топографиялық АФА-да ұшу биіктіктері АФА-ның қабында орналасқан барометрлік биіктік өлшеуіштердің көмегімен аэросурет кадрының шетіне белгіленеді.

Статоскоптар

Статоскоптар жер бетін суретке түсіру кезіндегі ұшақ биіктіктерінің әртүрлілігін өлшеуге арналған. Жұмыстың негізгі принципі биіктікті барометрлік өлшеу әдісімен негізделеді.

Белгілі болғандай, атмосфералық қысым ұшу биіктігіне байланысты. Аз биіктіктердегі айырмашылық (50 – 100 м), мынадай:

$$\Delta h = Q_H \Delta P , \quad (96)$$

мұндағы Δh – ұшу биіктігінің өзгеруі; Q_H – өлшеу жүргізілетін ауа қабатының ортасына арналған барометрлік саты; ΔP – өлшеу жүргізілетін жердегі атмосфералық қысымның айырмашылығы.

Қысымның әртүрлілігін белгілеу үшін барометрлік аспап қолданылады. Олардың сезгіш элементтеріне манометрлік қораптар немесе сұйық монометрлері жатады.

ГЛОССАРИЙ

(негізгі терминдері және анықтамалары)

Аэрофототүсіріс (АФТ) – ұшақ аппаратынан жер бетін суретке түсіру.

Метеорология – атмосферада болып жатқан физикалық процестерді зерттейтін ғылым.

Атмосфера – Жердің ауа қабаты. Оның ұзындығы 4 000 км, салмағы $5{,}27 \cdot 10^{15}$ т құрайды. Атмосфера массасының шамамен 99 %-ы жер бетінен 30–35 км биіктік қабатында орналасқан.

Гомосфера – 90 – 100 км биіктікке дейінгі атмосфера қабаты; ондағы ауаның құрғақ қабаты және оның молекулалық массасы өзгермейді.

Гетеросфера – 100 - 24 000 км биіктіктегі атмосфера қабаты; мұндағы ауа құрамы тұрақсыз өзгеріп, оттек құрамы ұлғаяды, биіктеген сайын молекулалық салмағы төмендейді.

Озоносфера – 20-25 км биіктіктегі, озон (O_3) концентрациясы жоғары атмосфера қабаты, ультракүлгін және инфрақызыл сәулелерді сіңіреді.

Ионосфера – атмосфера қабаты; мұндағы газдың молекуласы атомдары электрлік заряд тасиды, дәлірек иондалған. Орналасу биіктігі: 60 км – D қабаты, әлсіз иондалған; 90-120 км – E қабаты; биіктік 180 км - ден жоғары – F қабаты.

Әуе кеңістігі – 70 км биіктікке дейінгі Н атмосфера қабаты.

Жерге жақын ғарыштық кеңістік – Н = 70 – 150 км атмосфера қабаты.

Жақын ғарыш – Н = 150 – 1 000 км атмосфера қабаты.

Алыс ғарыш – Н = 1 000 – 930 000 км атмосфера қабаты.

Тропосфера – атмосфера қабатының төменгі тығыз қабатының қалыңдығы; 7 – ден 18 км – ге дейін. Бұл қабатта әрбір 100 м биіктікке жоғарылаған сайын температура орта шамамен $0{,}65^0$С – қа төмендейді (температураның тік градиенті).

Стратосфера – 50 км биіктікке дейінгі атмосфера қабатының тропосферасы. 25–30 км биіктікте температура жоғарылап, жоғарғы қабатта 0^0С –қа төмендейді.

Мезосфера – 50 – ден 80 км-ге дейінгі биіктіктегі атмосфера қабаты. Мұндағы температура – 90^0С - қа дейін төмендейді, жоғарғы шектерінде күміс тәрізді бұлттар пайда болады. Соңында өтпелі қабат – мезопаузамен аяқталады.

Термосфера – 80 – нен 800 км-ге дейінгі атмосфера қабаты. Температурасы + 1500^0С - қа жоғарылап, ал 250 км биіктіктерде және әрі

қарай өзгеріс болмайды.

Экзосфера – 800-ден 24 000 км-ге дейінгі биіктіктегі атмосфера қабаты. Таралу қабаты, онда жер атмосферасынан шыққан газдар байқалады.

Стандарттық атмосфера – тұрақты атмосфера; теңіз деңгейінен есептелген атомосфераның негізгі метеорологиялық элементтерінің орташа жылдық сипаттамасы.

Тік бари градиенті – қысымның төмендеуін сипаттайтын кері бари сатысының мәні.

Изобара – бірдей қысым нүктелерін қосатын сызық.

Көлденең ұшудағы көріну – ұшақтың ұшу деңгейіндегі ауадан объектілердің көрінуі.

Тік ұшудағы көріну – 90^0 С бұрыштағы объектілердің көрінуі.

Ауа ылғалдылығы – ауадағы су буының құрамы.

Абсолюттік ылғалдығы – 1 $м^3$ ауадағы су буының құрамы.

Бұлт – жер бетіндегі әр түрлі биіктіктегі су буының конденсацияланған өнімі.

Конденсация – су буының сұйық күйге айналуы (40^0С- қа дейінгі температурада байқалады).

Сублимация – су буының қатты күйге айналуы (40^0С - тан төмен температурада байқалады).

Жел – ауаның көлденең қозғалысы.

Атмосфералық (фронттар) буалдыр – атмосфералық қабаттың жарықтығы; осы қабаттан өтетін жарық сәуле бөліктерінің таралуымен негізделеді.

Аэрозоль – заттектердің тығыздалған қатты немесе сұйық бөліктері.

Атмосфералық фронттар – өтпелі зоналар немесе метеорологиялық элементтермен сипатталатын ауа массалары арасындағы ауа бөліктерінің беті.

Жылы фронт – суық ауаны жылы ауамен ығыстыру; қысымның төмендеуімен, температураның артуымен, "түбітке" ұқсас бұлттардың пайда болып, соңы қат-қабат бұттарға айналып, жауын-шашынның болуымен сипатталады.

Суық фронт – жылы ауаны суық ауаның ығыстыруы.

Оклюзии фронттары – топталған фронттар, суық және жылы фронттардың жиынтығын білдіреді.

Бари жүйелері – ауа қысымының теңіз деңгейімен жер бетіндегі таралуы.

Циклон – ауа қысымының төмен жерлерін көрсететін, шектелген тұйық изобара жүйелерін білдіреді.

Антициклон – ауа қысымының жоғарылаған жерлерін көрсететін, шектелген тұйық изобара жүйелерін білдіреді.

Синоптикалық карталар – шартты белгілермен метеорологиялық бақылаулардың нәтижелері енгізілген арнайы карталар.

Топографиялық бари карталары – бірдей қысым нүктелерін қосатын сызықтары бар жер бетінің арнайы картасы.

Абсолютті топографиялық карталар – теңіз деңгейіне қатысты салынған беткейдің изобаралық биіктіктер картасы.

Аэростатикалық принцип – ұшақ аппаратының салмағынан және оның ауаны шығаруынан құрылатын көтеру күшін айтады.

Реактивті принцип – арнайы аппараттан шығатын газ ағынының әсерінен болатын көтеру күші.

Аэродинамикалық принцип – ауа ағынында қозғалған аппараттың нәтижесінде болатын көтеру күшін құру.

Поляра – аэродинамикалық беттік кедергісі және аэродинамикалық көтеру күші қисықтарының байланыс коэффициенті.

Ұшу биіктігі – арнайы бір деңгейден тік есептелген әуе кемесіне дейінгі арақашықтық.

Ауа жылдамдығы – ауа ортасына байланысты ұшақтың жылдамдығы.

Әуе жолының жылдамдығы – жер бетіне байланысты ұшақтың жылдамдығы.

Ілгері кету бұрышы – ұшақтың ұзына бойы осі және ұшу жолының арасындағы бұрыш.

Желдің навигациялық бағыты – бағыттар арасындағы бұрыш.

Желдің метеорологиялық бағыты – меридианның солтүстік бағыты және бағытталатын нүкте арасындағы бұрыш.

Жылдамдықтың навигациялық үшбұрышы – желдің жылдамдығы, әуе жолының жылдамдығы және ауа жылдамдығының векторымен болатын үшбұрыш.

Әуедегі суретке түсіру аралығы – суретке түсіру базисінің ұшып өту уақыты.

Бір ретті АФТ – өзара қабаттаспайтын бір немесе бірнеше аэросуреттер.

Маршрутты АФТ – әуе кемесінің ұшу бағытымен, бірнеше аэросуреттер өзара қабаттасып орындалады.

Алаңдық АФТ – ұзындығы және ені бойынша шектен асатын жер бетінің үлескісін бір аэросуретпен өзара қабаттасатын маршруттар арқылы суретке түсіру.

Жоспарлық АФТ – АФА-ның басты осі вертикальмен дәл келіп немесе одан кішігірім бұрышқа ауытқуы кезіндегі түсіріс.

Перспективті АФТ – АФА-ның басты оптикалық осі вертикальдан

3^0С бұрыштан артық болғандағы түсіріс.

Аэросуреттерді қабаттастыру – жергілікті жердегі бір алаң көрінісінің көршілес жатқан аэросуреттердің екеуінде бейнеленуі.

Ұзына бойы қабаттастыру – аэросуретті маршрут бағытында қабаттастыру.

Әуедегі суретке түсіру аралықтары – екі экспозиция арасындағы ұшу уақыты.

Көлденеңнен қабаттастыру – аэросуреттерді перпендикуляр бағыттағы маршрутта қабаттастыру.

Көлденеңнен суретке түсіру базисі – суретке түсіру маршруттары арасындағы аралық.

Трасса – навигация, аэродром құрал-жабдықтарымен қамтылған және ені, ұзындығы бойынша шектелген әуе кеңістігіндегі коридор.

Аэрофототүсірістің техникалық жобасы – берілген объект үшін ұшу уақытының шығынын, аэрофототүсірістің техникалық параметрлерін және фотоматериалдарды анықтайтын құжат.

Сфералық аберрация – оптикалық оске жақын аралықта көріністің бұзылуы; кез келген заттан келетін сәуле шоғыры, линзадан шыққанда остің бір нүктесінде жиналмау нәтижесінде, ол зат көрінісі даққа айналады.

Кома – жеке жағдайдағы сфералық аберрация; яғни осте орналаспаған сәуле шоғыры заттан шағыла, нәтижесінде симметрия бұзылып, зат көрінісі үтірге ұқсайтын даққа айналады.

Хроматикалық аберрация – заттың көрінісі сақинаға ұқсас, әр түрлі түстен тұратын даққа ұқсау.

Ахроматтар – абберацияның хроматикалық түрлері жойылған объективтер.

Дисторсия – объективке әр түрлі бұрышпен түсетін сәулелердің тұрақсыз ұлғаю әсерінен болатын зат және затқа ұқсас көріністің бұзылуы.

Апланаттар – хроматикалық, сфералық аберрация және дисторсия түрлері жойылған объективтер.

Астигматизм – әр түрлі қимада жарық шоғырынан өтіп, бірдей сынбайтын сәулемен байланысты қалыпсыздық нәтижесінде зат көрінісі шайылған эллипсті бейнелейді.

Анастигматтар – барлық абберация түрлерінің минимумға жақын объективтері.

Фотометриялық параметрлер – оптикалық жүйеде жарық ағыны мәндерінің өзгерісін сипаттап, көріністің энергетикалық қасиетін және суретке түсіру масштабына сай өлшемін анықтайды.

Оптикалық параметрлер – көріністің сапалы жағын, оның өлшену және ақпараттық қасиетін сипаттайды (жүйенің жұмыс істеу мүмкіндігі, жиліктік-контрасты сипаттамасы, ортоскоптығы).

АФА камерасының фокустық аралығы – объективтің артқы түйісу нүктесінен камераның қолданбалы рама жазықтығына дейінгі аралық.

Фазалық-жиілікті сипаттама – жүйенің көрініс және объект бейнесін сақтаудағы жұмыс істеу қабілетін білдіреді, дәлірек оптикалық жүйенің ортоскоптығын көрсетеді.

Аэрофотообъективтердің ортоскоптығы – оптикалық жүйенің зат пен көрініс арасындағы байланысты бұзбауы.

Тангенциалды дисторсия – объективтің оптикалық бөлшектерінің центрленуінің бұзылуынан туындаған нүкте бейнесінің радиалды перпендикуляр бағытта ауытқуы.

*АФА-ның ішкі бағыттау элементтері (ІБЭ) – а*эрофотосуреттердің өзара орналасуын сипаттайтын және суретке түсірудегі проекция орталығының мәндері (камераның фокустық аралығы, басты нүктенің координаттары).

Қақпақ – объективтен фотоматериалға жарық сәулелерін жіберуге арналған экспонометрлік құрал.

Кассета – жарықсезгіш материалды жарықтан сақтауға, орауға, орналастыруға және суретке түсіру кезінде бір қалыпқа теңестіруге арналған аэрофотоаппараттың бір бөлігі.

Көрініс тің жылжуы – әуе кемесінің қозғалысына байланысты туындайтын АФА-ның қолданбалы рама жазықтығындағы көрініс тің бұзылуы.

Командалық аспап – АФА-ның негізгі жүйелерін және механизмдерін қашықтықта басқаруға арналған аспап.

Экспозиция – жарықсезгіш қабатқа жарық түсіру кезіндегі және жарықты түсіруге дейінгі жарықтың көлемі (мөлшері).

Аэрофотоқұрылғы – ұшақ аппаратына кассеталы фотокамераны бекіту, бағыттау және оның амортизациясы үшін арналған құрылғы.

Радиобиіктік өлшеуіш – жергілікті жерді суретке түсіру кезіндегі ұшақтың *нақты ұшу биіктігінің* айырмашылығын анықтауға арналған құрылғы.

Статоскоптар – жергілікті жерді суретке түсіру кезіндегі ұшақтың ұшу *биіктігінің* айырмашылығын өлшеуге арналған аспап.

А ҚОСЫМША БЕТІ

Техникалық жобаның титулдық беті (тапсырма)
Аэрофототүсіріс жұмысының
ТЕХНИКАЛЫҚ ЖОБАСЫ

Объект_____ Тапсырыс беруші _____
1. Жұмыс көлемі_____
2. Аэрофототүсіріс масштабы_____
3. Аэрофотоаппараттың фокустық аралығы және түрі, кадр форматы_____
4. Аэрофототүсіріс МЕСТ бойынша орындалуда_____
5. Қосымша жағдайлар_____

Б ҚОСЫМША БЕТІ

Есептеуге арналған негізгі деректер

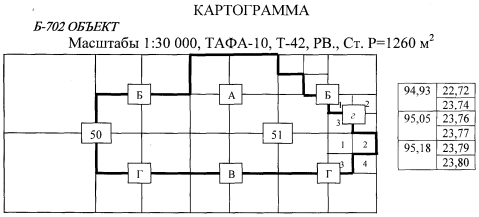
1. Объектіні орналастыру (картограмма)_____
2. Әуе кемесінің түрі_____
3. Суретке түсірудің биіктігі_____
4. Бір айдағы түсіріс күндерінің саны_____
5. ӘС қону әуежайы_____
6. Аэрофототүсірістің орындалу мерзімі_____

В ҚОСЫМША БЕТІ

Объект картограммасы
КАРТОГРАММА

Б-702 ОБЪЕКТ

Масштабы 1:30 000, ТАФА-10, Т-42, РВ., Ст. Р=1260 м^2



Г ҚОСЫМША БЕТІ

№ ТУ	Масш.	ТУ мөлшері			Рх, %	Ру, %	Вх, км	Ву, км	Маршрут саны	$В_х$* $В_у$ $км^2$	Жалпы параметр саны, км
		Ауданы, шаршы метр	Ұзын., км	Ені, км							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1:30 000	S_1=214 S_2=80 S_3=294	$L_{орт}$=23 L_{max}=26	9.2	60	43	2.16	3.08	5	6.65	115
2	1:30 000	380 52 432	21 21	18.4	60	54	2.16	2.48	9	5.36	189
3	1:30 000	666 124 790	36 41	18.4	60	44	2.16	3.02	9	6.52	324
Барлығы		S_1= 1260							23		

Ұшу аппаратының орт. жылд.	Жаздағы уақытты есептеу					ТУ-ға жету, қайтуға кеткен уақыт, сағ.	Барлық уақыт, сағ.	Түсіру өнімділігі, $км^2$/сағ	Жалпы өнімділік, $км^2$/сағ.,	Барлық аэросурет саны
	Түсіріс уақыты, сағ.	Ұшып жету және қайтып оралу уақыты								
		Түсіріс күнінің ұзақтығы, сағ.	Ұшып шығу саны, км	ТУ дейінгі арақашықтық, км.	Бір рет ұшып шығу уақыты					
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
400	0,3	1,5	0,2	180	0,90	0,2	0,5			43
	0,5	1,5	0,3	170	0,85	0,3	0,8			81
	0,8	1,5	0,5	240	1,20	0,6	1,4			122
Барл.	1,6		1,0			1,1	2,7	788	467	246

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Лаврова Н.П., Стеценко А.Ф. Аэрофотосъёмка. М.: Недра, 1981.
2. Кучко А.С. Аэрофотография. М: Недра.: 1974.
3. Руководство по аэрофотосъемочным работам. М., Воздушный транспорт, 1988.
4. Основные положения по аэрофотосъемке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов (ГКИНП-09-32-80). М., Недра, 1982.
5. Справочник. Аэрофотосъемочные работы. М.: Транспорт, 1984.
6. Черный М.А., Кораблин В.И. Самолетовождение. М., Тран спорт, 1977.
7. Байтин В.И., Попов А.А. Самолетовождение на воздушных съемках. М., Воздушный транспорт, 1992.
8. Хан В.А. Техническое проектирование аэрофотосъемочных работ. Алматы: КазНТУ, 2001.
9. Рысбеков Қ. Б. Ұшу процесін метеорологиялық қамтамасыз ету. “Аэрофототүсіріс” пәні бойынша лабораториялық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқау. Алматы: КазҰТУ, 2006. 1 – 29. б
10. Журнал. Технологии Leica Geosystems / Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC, 2006.

М А З М Ұ Н Ы

КІРІСПЕ..... 3
1. ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТ..... 4
1.1. Аэрофототүсірістің даму тарихы ……. 4
1.2. Аэрофототүсіріс жұмыстарын ұйымдастыру …… 4
2. АВИАЦИЯЛЫҚ МЕТЕОРОЛОГИЯ НЕГІЗДЕРІ..... 7
2.1.Атмосфера және оның құрылымы …… 7
2.2. Ұшуды метеорологиялық қамтамасыз ету..... 14
2.2.1. Синоптикалық карталар және халықаралық метеорологиялық КН-01 коды..... 14
2.2.2.Ұшақтарды метеорологиялақ қамтамасыз ету..... 18
2.3. Авиациалық техника негіздері..... 25
2.3.1. Ұшу принципі..... 25
2.4. Әуе кемелерінің техникалық параметрлері..... 29
2.4.1. Аэрофототүсіріс ұшақтарына талаптар..... 30
3. НАВИГАЦИЯЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН ҚҰРАЛДАР..... 31
3.1 Аэрофототүсіріс кезінде ұшақты ұшыра білу..... 31
4. АЭРОФОТОТҮСІРІСТІҢ ПЛАНДЫҚ ТОПОГРАФИЯЛЫҚ НЕГІЗГІ ЭЛЕМЕНТТЕРІ..... 37
4.1. Аэрофототүсіріс түрлерінің классификациясы..... 37
4.2. Аэрофототүсіріс материалдарына қойылатын талаптар. 39
4.2.1. Аэрофототүсіріс материалдарына қойылатын техникалық талаптар..... 39
5. АЭРОФОТОТҮСІРІС ПРОЦЕСІ 42
5.1. Аэрофототүсіріс жұмыстарын техникалық жобалау..... 42
5.2. Техникалық жобаны жасауға арналған негізгі техникалық мәліметтер..... 42
5.3. Аэрофототүсірістің кезеңдері..... 52
5.4. АФТ материалдарын өңдеу және фотограмметриялық сапаны бағалау..... 54
5.4. 1. Аэрофототүсіріс процесін геоақпараттық жүйемен қамтамасыз ету..... 56
5.4.2. ArcView gis аэрофототүсіріс жұмыстарын жобалау технологиясы және оны орындау..... 56
6. АЭРОФОТОАППАРАТТАРДЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІ 59
6.1. Аэрофотоаппарат (АФА) құрылысының сызбасы нұсқасы. 59
6.2. Геометриялық оптикалардың негізгі заңдары және түсініктемелері..... 60

6.3. Аэрофотообьективтің негізгі сипаттары..... 61
6.3.1. Оптикалық жүйенің жұмыс істеу қабілеті және өткізу функциясы..... 64
6. 3. 2. Оптикалық жүйенің жиіліктік-контрастық сипаттамасы 66
7. АЭРОФОТООБЪЕКТИВТЕРДІҢ ОРТОСКОПИЯЛЫҒЫ..... 69
7.1. Дисторсия..... 69

7.2. Аэрофотоаппаратты калибрлеу әдісі..... 72
7.2.1. Аэрофотоаппараттың ішкі бағыттау элементтері (ІБЭ)... 72
7.2.2. Дистория мәнімен аэрофотоаппараттың ІБЭ - сін көз мөлшерімен анықтау әдісі..... 73

7.3. Аэрофотоаппаратты калибрлеудің фотографиялық әдісі ... 75
7.3.1. ІБЭ жұлдыз суреттері бойынша анықтау принциптері..... 76
7.3.2. Тірек нүктелері бойынша ІБЭ-ні анықтау принципі..... 77
7.4. Аэрофотоаппараттардағы экспонирлеу жүйесі..... 78
8. ФОТОАППАРАТТАРДЫҢ КАССЕТАЛАРЫ..... 85
8.1. АФА кассеталарының жабдығы..... 85
8.1.1. АФА кассеталарында аэрофотопленканы тегістеу әдісі..... 86
8.1.2 Бейне қозғалысы және оның сурет сапасына әсері..... 87
8.1.3 Бейне қозғалысын механикалық компенсациялау тәсілі (БҚМК)..... 88
8.1.4 Бейне қозғалысын оптикалық компенсациялау әдісі (БҚОК)..... 88
8.2. Аэрофотоаппарат жұмысын басқару аппараттары..... 90
8.2.1. Автоматтандырылған экспонирлеу процесі..... 92
9. ЛАЗЕРЛІК СКАНЕР, САНДЫҚ ЖӘНЕ ТОПОГРАФИЯЛЫҚ АЭРОФОТОАППАРАТТАР..... 95
9.1 Аэрофотоқұрылғылары (АФҚ), олардың түрі және қолданылуы..... 95
9.1.1. Аэрофотоаппараттар..... 95
9.1.2. Сурет сапасына дірілдің әсері..... 101
ГЛОССАРИЙ
(негізгі терминдер және анықтамалары)..... 104
Қосымша беттер..... 109
Әдебиеттер тізімі 111

Оқулық басылым

Рысбеков Қанай Бақытұлы

оқу құралы

АЭРОФОТОТҮСІРІСТІҢ ЖАЛПЫ НЕГІЗДЕРІ

Таралым500_дана. Пішімі 60х84, 1/16, №1 баспаханалық қағаз. Көлемі 7.0..есепті баспа табақ. Тапсырыс №..134... Бағасы келісімді

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің басылымы ҚазҰТУ-дың ҒТ Баспа орталығы Алматы, Ладыгин к-сі 32