

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ
Циклова комісія аеронавігації**

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

**з навчальної дисципліни «ОСНОВИ АЕРОНАВІГАЦІЇ»
обов'язкових компонент
освітньої програми першого (бакалавр) рівня вищої освіти
272 Авіаційний транспорт (Аеронавігація)**

за темою №3.15 – «План польоту»

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.21р. № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 22.09.21р. № 2

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.21р. № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації протокол від 10.09.2021
№2

Розробник: викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст вищої
категорії, викладач – Журід В.І.

Рецензенти:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, викладач-методист Тягній В.Г.
2. Професор кафедри аеронавігаційних систем навчально-наукового інституту Аеронавігації, електроніки та телекомунікації Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, доцент Шмельова Т.Ф.

План лекції.

1. Підготовка польотної карти.
2. Прокладка маршруту. Вивчення маршруту польоту та умов його виконання. Порядок виконання розрахунків.

Рекомендована література:

Базова

1. Черный М.А. Воздушная навигация. М.Транспорт,1991, 432с.
2. Марков В.И. Воздушная навигация . Кировоград,2003, 574с.
3. Марков В.И. Аэронавигационное обеспечение полетов на международных воздушных линиях. Кировоград, 2004, 320 с.
4. Киселев В.Ф. Справочник пилота и штурмана ГА. М.Транспорт, 1988, 319с.
5. Луцкий Ю.С. Конспект лекций по воздушной навигации, Кременчуг,1994, 142с.
6. Луцкий Ю.С. Воздушная навигация. Кременчуг,2001, 128с.

Додаткова

1. Лопатников Ю.И. Применение навигационного комплекса вертолета Ми-26, Кременчуг,1990, 100с.
2. Старков Н.В. Применение навигационного комплекса вертолета Ми-8МТВ. Кременчуг,1996, 158с.
3. Миронович М.В. Летная эксплуатация навигационного оборудования вертолета Ка-32. Кременчуг,2002, 85с.
4. Миронов Н.Ф. Штурманское обеспечение полетов в ГА. М.Машиностроение, 1987, 167с.
5. Збірник аеронавігаційної інформації корпорації Jeppesen (EURORE).

План польоту

Для успішного виконання польотів необхідно суворо дотримуватися встановлених правил повітряної навігації. Це вимагає від екіпажу ретельної підготовки до виконання польотного завдання, яка повинна здійснюватися у відповідності з вимогами документів, які визначають обсяг, зміст і організацію штурманської підготовки до польоту і порядок виконання маршрутного польоту.

Такими основними документами є:

- правила польотів державної авіації у повітряному просторі України – ПП ДА ППУ – 2016;
- правила виконання польотів державної авіації України – ПВП ДАУ – 2015;
- правила штурманського забезпечення польотів ДА України – ПШЗП ДАУ – 2016;
- керівництво з літаководіння;
- керівництво з льотної експлуатації літака.

Ці документи розроблені на підставі багатолітнього опиту виконання маршрутних польотів і зобов'язують екіпаж літака (льотчика) при виконанні будь – яких польотів:

- зберігати орієнтування на протязі всього польоту;
- суворо витримувати заданий маршрут та розрахований навігаційний режим польоту;
- безперервно виконувати контроль шляху та своєчасно робити виправлення шляху;
- періодично вимірювати і розраховувати фактичні навігаційні елементи - польоту та при необхідності вносити зміни у режим польоту;
- застосовувати технічні засоби повітряної навігації і візуальне орієнтування у комплексі.

В наслідку вивчення теми "ШТУРМАНСЬКА ПІДГОТОВКА ДО ПОЛЬОТУ ТА ВИКОНАННЯ ПОЛЬОТУ ПО МАРШРУТУ НА НАВЧАЛЬНОМУ ЛІТАКУ" курсанти повинні:

ЗНАТИ:

- порядок проведення штурманської підготовки до польотів ;
- порядок і правила повітряної навігації у маршрутному польоті;
- сутність контролю і виправлення шляху по напрямку і дальності;

ВМІТИ:

- виправляти шлях за напрямом і дальністю;
- готувати польотну карту ;
- виконувати ІШР ;
- готувати ШПП .

1. Підготовка польотної карти.

У ході загальної штурманської підготовки до польотів кожен екіпаж готує для себе встановлений комплект карт, до складу якого входять:

- польотна карта, що охоплює район польотів;
- бортова аеронавігаційна карта, що охоплює район радіусом не менш максимальної практичної дальності польоту літака.

Польотна карта входить в обов'язковий комплект штурманського спорядження льотчика і є для літаководіння основною. Виліт без підготовленої польотної карти **забороняється**.

Підготовка карт, що здійснюється до одержання бойового (польотного) завдання, називається загальною.

Загальна підготовка польотної карти (рис. 1) після підбора і склейки її аркушів складається в нанесенні на неї лінії фронту (виділенні державного кордону), підняття характерних візуальних і радіолокаційних орієнтирів, оцінці основних висот місцевості і штучних перешкод, що представляють загрозу безпеки польоту на малих висотах.

При необхідності на польотну карту, що має грифа «таємно», при польотах над своєю територією в мирний час дозволяється наносити умовними позначками розташування основних і запасних аеродромів, а також наземних радіосветотехнічних засобів із указівкою даних їхньої роботи. Запис даних роботи РНС здійснюється у виді дробу: у чисельнику вказуються їх позивні, у знаменнику - частота або номер робочого каналу. Крапка в центрі умовної позначки радіостанції повинна збігатися з точним її положенням на карті. Через центр умовного знака РНС для спрощення графічних визначень проводять відрізок прямої в напрямку географічного меридіана даної крапки.

Наносити на карту, що береться в політ, розташування своїх військ, кораблів і базування авіації у воєнний час забороняється.

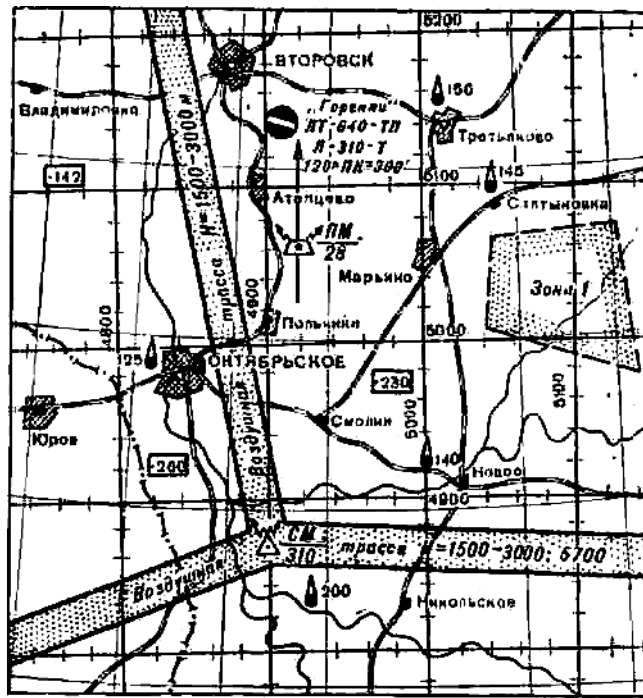


Рис. 1. Загальна підготовка польотної карти

Крім того, на польотну карту завчасно наноситься загальна для з'єднання (частини) координатна сітка, необхідна для використання в польоті навігаційних пристроїв і комплексних навігаційних систем.

Ортодромична система координат для КНС у межах області їхнього застосування на польотних картах замінюється прямокутною координатною сіткою. Точка початку відліку системи прямокутних координат O , як правило, задається централізовано, з обліком того, щоб район майбутніх польотів цілком охоплювався областю застосування КНС, і вказується льотчикам старшим штурманом частини. Вісь X проводиться через цю точку по напрямку істинного меридіана, а вісь Y - перпендикулярно їй. Вісь X має позитивний напрямок для відліку координат на північ від осі Y , а вісь Y - для відліку координат на схід від осі X .

Для зручності роботи з транспортиром і масштабною лінійкою рекомендується побудувати сітку прямокутних координат зі сторонами осередків, рівними 100 км у масштабі карти. Лінії сітки оцифровуються в кілометрах або безпосередньо в значеннях величин які встановлюються ($X_{уст}$, $Y_{уст}$). Кожна ячейка отриманої прямокутної сітки додатково розбивається штрихами через 20 км.

Бортова аеронавігаційна карта готується в можливо більш повному обсязі. Підготовка її полягає в нанесенні лінії фронту (виділенні державного кордону), нанесенні координатної сітки для застосування наявних на літаку навігаційних засобів у випадку втрати орієнтування. Азимутальні й азимутально-далекомірні сітки наносяться в межах дальності дії систем з урахуванням різних висот польоту.

Секретні дані наносити на бортову карту **забороняється**.

Усі дані і написи на карти наносяться відповідно до умовних позначень їх, прийнятими в настановах по штурманській службі і польовій службі

штабів. Розміри цифр по висоті повинні бути рівні $5 \div 7$ мм. При загальній підготовці карт цифрові дані пишуться з заходу на схід.

При піднятті радіолокаційних орієнтирів контури їх наносяться кольоровими олівцями відповідно до дійсного радіолокаційного зображення: вигини рік, озера, берегова риса - синім кольором, населені пункти, мости, греблі й інші штучні спорудження - червоним кольором.

Позначки основних висот місцевості обводяться чорним прямокутником (8x12 мм). Штучні перешкоди позначаються умовним знаком із указівкою їхньої висоти в метрах червоним кольором.

Після вивчення району польотів і інструкції з виробництва польотів на аеродромі базування льотчик готує для себе ряд довідкових даних, що полегшують підготовку і виконання польотних завдань, у виді пам'яток, схем і таблиць.

Такими додатковими довідковими даними можуть бути:

- таблиці кілометрової і часової витрати пального по висотах для даного типу літака;
- відстані, час польоту і шляхові кути до опорних орієнтирів;
- кроки аеродромів, схеми заходу на посадку на запасних аеродромах;
- дані роботи засобів РТЗ й ін.

Деякі довідкові дані такого роду можуть заноситися в наколінний планшет льотчика простим олівцем. Після виконання завдання запису з наколінного планшета стираються гумкою.

Висновок: У ході загальної штурманської підготовки до польотів кожен екіпаж готує для себе встановлений комплект карт.

2.Прокладка маршруту. Вивчення маршруту польоту та умов його виконання. Порядок виконання розрахунків.

Зміст бойового (польотного) завдання викладається в бойовому наказі і доповнюється розпорядженням старшого штурмана по штурманському забезпеченню бойових дій.

При виконанні навчальних польотів зміст польотного завдання визначається курсами бойової й учбово-бойової підготовки і доповнюється наочною схемою, розробленою для даної справи.

Одержавши завдання на польот, льотчик усвідомлює зміст бойової (учбово-бойовий) задачі (супровід, розвідка і т.д.), вивчає порядок її виконання і навігаційну обстановку в районі бойових дій (польотів), після чого приступає до прокладки маршруту на польоту карту.

Маршрут і профіль польоту можуть бути задані в наказі або визначені командиром авіаційної частини (підрозділу), що виконує поставлену бойову задачу.

При виборі маршруту, профілю і режимів польотів керуються характером завдання й умовами його виконання:

- місцезнаходженням цілі до моменту удару і напрямком найвигіднішого виходу на неї;

- розташуванням засобів ППО супротивника на маршруті й в районі цілі;
- можливістю потайливого польоту над територією супротивника;
- рельєфом місцевості;
- особливостями орієнтування;
- розташуванням засобів РТЗ і можливостями їхнього найвигіднішого використання;
- радіаційною обстановкою в районі бойових дій;
- тактико-технічними можливостями літаків і умовами базування;
- станом погоди в районі бойових дій (польотів);
- розташуванням заборонних зон і зон з особливим режимом польотів.

Прокладка маршруту на польотній карті включає:

- оцінку основних точок маршруту;
- прокладку лінії заданого шляху (ЛЗШ);
- розмітку відстаней, шляхових кутів і часу польоту по ділянках маршруту;
- розмітку лінії заданого шляху за часом польоту або по пройдений (яка залишилась) відстані;
- оцінку заданого (розрахункового) часу виходу на ціль;
- оцінку перевищення цілі щодо аеродрому вильоту;
- оцінку рельєфу місцевості;
- нанесення значень магнітних відмінювань;
- нанесення вихідних даних для використання в польоті радіотехнічних і курсових систем;
- нанесення ліній положення;
- нанесення на карту рубежів зміни режиму польоту;
- нанесення зон виявлення і поразки засобів ППО супротивника.

На польотній карті в даному напрямку рекомендується прокласти не більш одного маршруту. Прокладку маршруту і напису на карті доцільно робити простими кольоровими олівцями.

Основними точками, що визначають маршрут польоту, є:

- вихідний пункт маршруту (ИПМ);
- поворотні пункти маршруту (ППМ) або точка злому маршруту (ТИМ);
- пункт бойової розходження (ПБР) або точка розвороту на ціль (ТРЦ);
- ціль або точка пуску ракет (ТПР);
- вихідний пункт зворотного маршруту (ИПОМ);
- кінцевий пункт маршруту (КПМ).

Крім того, на маршруті можуть бути намічені контрольні орієнтири (КО), точки корекції й ін.

У якості ИПМ вибирається характерний орієнтир, віддалений від аеродрому вильоту на відстань, що забезпечує збір групи і побудову бойового порядку. При польотах у хмарах і вночі в якості ИПМ звичайно береться радіонавігаційна точка (РНТ), розташована в районі свого аеродрому (наприклад, ДПРМ, радіомаяк РСБН). У бойовій обстановці в якості ИПМ може бути обраний один з опорних орієнтирів, розташований

поблизу лінії фронту і добре відомий льотному складу в результаті обльоту району бойових дій. При виконанні польотів і перельотів на граничну дальність вихідним пунктом маршруту, як правило, береться аеродром вильоту або орієнтир, розташований по напрямку маршруту.

Як поворотні пункти маршруту (ППМ) призначаються характерні орієнтири, добре видимі в польоті ще при підході до них (населені пункти, озера, злиття рік, перетинання залізниць у вузлових станціях і ін.). При польотах по приладах у якості ППМ можуть використовуватися РНТ. При польотах уночі поворотними пунктами вибираються світлові орієнтири, видимі протягом усього темного часу доби. Якщо польоти виконуються над морем і безорієнтирною місцевістю, поворотними пунктами маршруту можуть бути штучні орієнтири (рухливі приводні радіостанції на судах, автомобілях, вертольотах) або довільно узяті точки.

Точки злому маршруту (ТІМ) вибираються з урахуванням застосовуваних засобів літаководіння. При завданні точок маршруту, у яких змінюється напрямок польоту, повинне вказуватися, чи є ці точки ППМ або ТІМ.

У якості ПБР (ТРЦ) використовується характерний орієнтир у районі цілі. Якщо ціль розташована поблизу лінії фронту і ПБР вибирається над своєю територією, то їм може бути радіонавігаційна точка. Видалення ПБР від цілі повинне забезпечити перебудову груп у заданий бойовий порядок для атаки цілі. Розташування ПБР щодо цілі визначається тактичним маневром групи в районі цілі.

Вихідним пунктом зворотного маршруту (ИПОМ) може бути сама ціль (точка пуску ракет) або характерний орієнтир у районі цілі. Якщо в якості ИПОМ взята не сама ціль, то видалення його від цілі повинне забезпечити збір групи в заданий бойовий порядок після атаки цілі.

Кінцевим пунктом маршруту, як правило, є РНТ або характерний орієнтир у районі аеродрому посадки, добре відомий льотному складу. Видалення КПМ і його розташування щодо аеродрому повинні забезпечувати розпуск групи і захід на посадку в мінімальний час. У деяких випадках, наприклад при виконанні перельотів, за КПМ беруть безпосередньо аеродром посадки (ДПРМ або радіомаяк РСБН).

Контрольними орієнтирами звичайно служать добре видимі з висоти польоту характерні орієнтири на лінії шляху або поблизу неї. У залежності від висоти і швидкості польоту по маршруті, масштабу карти, а також виду технічних засобів літаководіння які використовуються відстань між КО вибирається в межах $50 \div 150$ км.

Основні точки маршруту відзначаються на карті кружками червоного кольору діаметром $10 \div 15$ мм. Ціль позначається червоним хрестом у кружку червоного кольору того ж діаметра. Центр кружка звичайний сполучається з найбільш характерним елементом орієнтира, прийнятого як основну точку, маршруту (центр населеного пункту, залізнична станція, перехрестя доріг і т.д.).

Лінія заданого шляху наноситься на карту від ИПМ до КПМ

суцільною лінією, як правило, чорного кольору, а при необхідності - кольором, що чітко виділяється на тлі карти. Лінія шляху від аеродрому злету до ИПМ, від КПМ до аеродрому посадки й усередині окружностей основних точок маршруту не проводиться. Ніяких позначок на карті в цих місцях, що дозволяють судити про розташування аеродрому злету і посадки, у бойових умовах не робиться.

Прокладка лінії шляху для швидкісних літаків виробляється з урахуванням радіуса розвороту літака (групи). Поворотні пункти маршруту при цьому приймаються за точки початку розвороту на чергові етапи маршруту (рис. 2а). Лінія шляху на наступному етапі маршруту прокладається як дотична до дуги окружності. Радіус дуги окружності береться рівним радіусові розвороту літака. Криволінійні ділянки маршруту проводяться за допомогою циркуля або спеціально виготовленого шаблона.

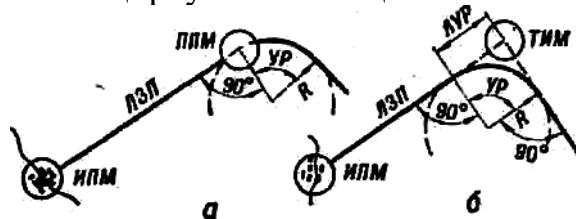


Рис. 2. Прокладка лінії заданого шляху з урахуванням радіуса розвороту

Якщо при прокладці маршруту використовуються ТІМ, то для визначення і нанесення на карту точок початку розвороту розраховується лінійне упередження розвороту (ЛУР), величина якого потім відкладається на лінії шляху за допомогою масштабної лінійки (рис. 2б).

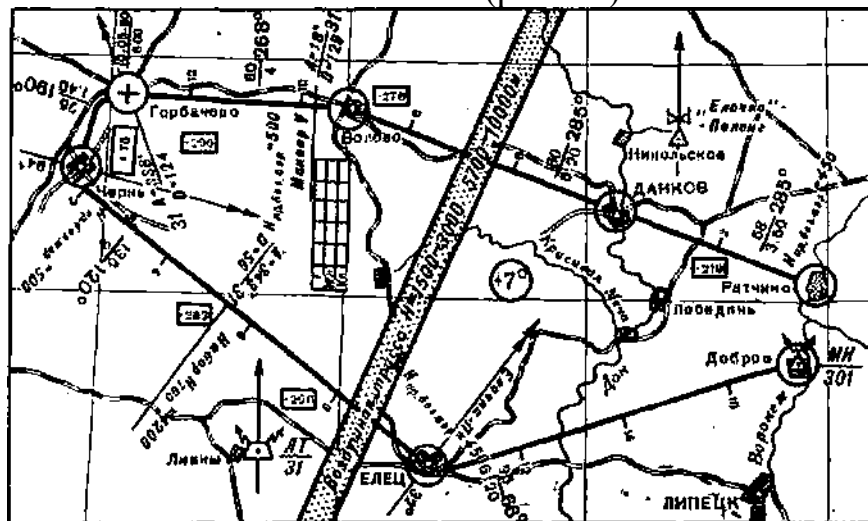


Рис.3. Прокладка маршруту на карті для польоту з використанням кутомірних і кутотірно-далекомірних систем

Відстань і час польоту по ділянках маршруту наносяться в початку кожного етапу праворуч від лінії шляху по напрямку польоту у вільному від записів і характерних орієнтирів місці карти цифрами того ж кольору, яким прокладена лінія шляху. Запис здійснюється у виді дробу: у чисельнику, указується відстань між основними точками маршруту в кілометрах, у знаменнику - штильний час польоту між ними в хвилинах і секундах (рис. 3).

Розмітка шляхових кутів здійснюється з таким розрахунком, щоб

заданий напрямок польоту можна було витримати за допомогою будь-якого курсового приладу, встановленого на літаку. Магнітні шляхові кути (ЗМПУ) наносяться на карту цифрами червоного кольору праворуч від розмітки відстаней і штильного часу, крім того, вони вказуються на карті через кожні 15÷20 см. прямолінійної ділянки маршруту або при зміні магнітного відмінювання більш ніж на 2°.

Умовні шляхові кути (ЗУПУ) вказуються на карті праворуч лінії шляху на початку кожного етапу маршруту і через кожні 15÷20 см. прямолінійних його ділянок цифрами того кольору, яким нанесені умовні меридіани.

При прокладці замкнутого маршруту з правими розворотами значення шляхових кутів наносяться ліворуч від ЛЗШ.

Якщо літак обладнаний курсовою системою з пристроєм для установки магнітного відмінювання, то на карту наносяться значення істинних шляхових кутів цифрами синього кольору, а величина поточного значення магнітного відмінювання встановлюється в польоті на задатчику магнітного відмінювання (ЗМС) корекційного механізму.

Розмітка маршруту за часом або пройденої (яка залишилась) відстані виконується для полегшення обчислення шляху в польоті. За часом розмітка здійснюється від ИПМ до цілі і від ИПОМ до КПМ. Величина відрізків при розмітці шляху, як правило, береться відповідної 2÷5 хв. штильного часу польоту. Розмітка шляху по пройденої або відстані, що залишилася, здійснюється при використанні в польоті РСБН або КНС. Вона здійснюється між основними точками через 50÷100 км. Відрізки шляху позначаються штрихами (3÷5 мм) вправо від ЛЗШ з оцифровкою у хвилинах або сотнях кілометрів.

Оцінки заданого (розрахункового) часу і висоти виходу на ціль наносяться на карту червоним кольором праворуч від цілі у виді дробу: у чисельнику вказується заданий, час виходу на ціль, а в знаменнику - задана висота. Час записується в годинник, хвилину і секунду, висота - у метрах.

Перевищення місцевості у цілі (аеродрому посадки) щодо аеродрому вильоту більш 50м позначається цифрами чорного кольору, виражається в метрах і обводиться чорним прямокутником. Перевищення місцевості вказується зі знаком «+», пониження - зі знаком «-».

Позначки характерних висот місцевості, якщо вони не були зроблені в період загальної підготовки карти району польотів, здійснюються в смузі маршруту по 50 км вправо і уліво від лінії заданого шляху.

Магнітне відмінювання наноситься на карту через кожні 20÷25 см. маршруту або при зміні відмінювання більш ніж на 2°. Значення магнітного відмінювання вказується осторонь від - лінії шляху на видному місці цифрою червоного кольору зі своїм знаком у червоному кружку. Умовне магнітне відмінювання позначається цифрою червоного кольору й обводиться синім кружком, азимутальні виправлення - червоною цифрою в чорному кружку.

Рубежі зміни режиму польоту, повернення з маршруту, зустрічі з взаємодіючими групами наносяться на карту відрізками прямих ліній, перпендикулярних до ЛЗШ: угорі вказується найменування рубежу, унизу -

розрахунковий час виходу на рубіж. Рубіж зміни профілю польоту указується вертикальною стрілкою, ліворуч від якої наносяться значення вихідної і заданої висот.

Лінії положення, лінії обмежувальних радіопеленгів, розташування і дані роботи засобів РТЗ наносяться на карту умовними позначками чорним кольором. У залежності від типу використовуваної в польоті радіотехнічної системи стрілки на кінцях ліній положення можуть указувати напрямок на радіостанцію або від неї. Над лінією положення на АРП указується позивний пеленгатора; у лінії попередньообчисленого азимута - номер робочого каналу РСБН. Величина МПР наноситься цифрами червоного, ИПС (азимута) - синього, дальності - чорного кольору. Величина УПР наноситься кольором, яким нанесений умовний меридіан (координатна сітка КНС). Чисельні значення кутових величин указуються з точністю до 1° .

Позначки безпечної висоти польоту по приладу в метрах для кожної ділянки маршруту наносяться праворуч від лінії шляху на початку кожного етапу з умовною позначкою рівня відліку.

Таблиця потрібних швидкостей для виходу на ціль в заданий час викреслюється на карті перпендикулярно до лінії шляху поблизу або на рубежі маневрування (КО).

При виконанні польоту з використанням кутомірно-далекомірних систем крім ліній положення у основних точок маршруту можуть наноситися значення азимутів і дальностей з позначенням робочого каналу радіомаяка.

При застосуванні в польоті КНС маршрут польоту прокладається за загальними правилами (мал. 4). Якщо він не заданий, основні крапки маршруту варто вибирати так, щоб найбільше ефективно використовувати обсяг програмного пристрою. Поворотними пунктами маршруту звичайно беруться точки, що лежать у зоні дії радіомаяків РСБН, при цьому число ППМ не повинне перевищувати числа можливих для програмування точок. При необхідності поворотні пункти маршруту, не позначені маяками РСБН, можуть бути запрограмовані як маяки, однак варто мати на увазі, що в цьому випадку вони не можуть бути використані для корекції обчислених координат.

При польотах у бойових умовах у якості ППМ варто програмувати головним чином точки, розташовані на території супротивника, тому що на своїй території польот може бути забезпечений за допомогою інших засобів (приводних радіостанцій, автоматичних радіопеленгаторів, радіолокаційних станцій). Для замкнутого маршруту вихідним і кінцевим його пунктом звичайно береться радіомаяк аеродрому вильоту.

При польоті по замкнутому маршруті з правими розворотами розмітку шляхи дозволяється робити ліворуч від лінії шляху.

На район цілі готується карта великого масштабу. Підготовка карти району цілі включає (мал. 5):

- оцінку цілі і ПБР (ТРЦ);
- прокладку лінії шляху від ПБР до початку бойового шляху (НБП) з розміткою відстані, штильного часу і шляхового кута;

- нанесення бойового шляхового кута і часу польоту від НБП до цілі;
- оцінку перевищення цілі щодо аеродрому злету;
- оцінку розрахункового (заданого) часу виходу на ціль;
- нанесення зон виявлення РЛС і зон поразки засобів ППО супротивника.

При прокладці маршруту варто уникати зайвого зашарашення карти. Підготовка польотних карт у всіх льотчиків, що виконують бойове завдання в складі однієї групи, повинна бути однаковою.

У залежності від тактичної обстановки і характеру завдання яке виконується прокладка маршруту і розрахунок польоту можуть мати деякі особливості. У цих випадках, готуючись до польоту, льотний склад керується вказівками старшого штурмана частини (штурмана підрозділу).

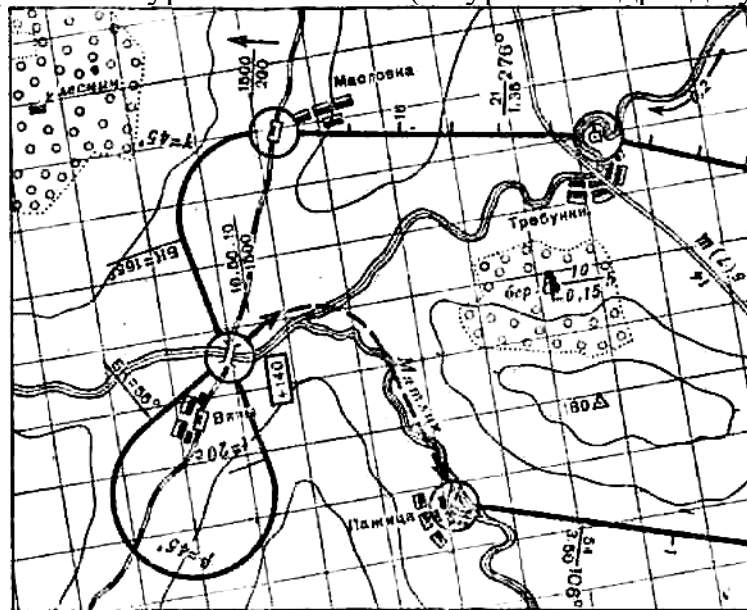


Рис. 5. Підготовка карти району цілі

РОЗРАХУНОК ПОЛЬОТУ

Розрахунок польоту здійснюється одночасно з прокладкою маршруту і включає:

- визначення елементів розвороту літака;
- визначення шляхових кутів по ділянках маршруту;
- визначення відстаней між основними точками і загальною довжиною маршруту;
- визначення часу польоту по етапах маршруту і загальної тривалості польоту;
- визначення резерву літного часу або виконання інженерно-штурманського розрахунку польоту;
- розрахунок часу злету, проходження ІПМ і рубежу маневрування для виходу на ціль (установлений рубіж або аеродром посадки) у заданий час;
- розрахунок часу посадки;
- визначення моментів настання світанку і темряви;
- розрахунок безпечної висоти по етапах маршруту;

- розрахунок елементів побудови і розпуску бойового порядку, бойового розходження перед ціллю і бойовим маневруванням;
- визначення необхідних даних для застосування технічних засобів літаководіння;
- складання програми польоту (при використанні в польоті КНС).

Розрахунок польоту підрозділяється на попередній і остаточний.

Попередній розрахунок польоту здійснюється без обліку вітру, по істинній повітряній швидкості. Він виконується в період попередньої підготовки до польоту. Результати цього розрахунку використовуються при прокладці маршруту. На підставі його приблизно визначається час вильоту і дається попередня оцінка можливості виконання завдання по паливу.

Остаточний розрахунок польоту здійснюється в період передполетної підготовки на підставі даних про вітер, навігаційній, тактичній і радіаційній обстановці до моменту вильоту на завдання. За результатами остаточного розрахунку визначається точний час злету і проходження ІПМ.

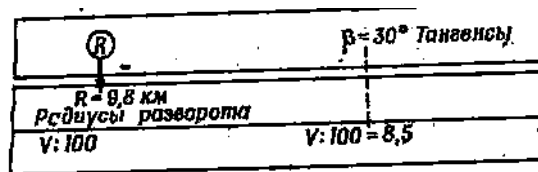


Рис. 6. Розрахунок радіуса розвороту на НЛ-10М

Результати попереднього й остаточного розрахунків польоту наносяться на карту, вносяться в таблицю розрахунку польоту і бланк інженерно-штурманського розрахунку польоту. При виконанні польоту з КНС на підставі отриманих у результаті вимірів і розрахунків вихідних параметрів складається таблиця даних які встановлюються, необхідних для його програмування.

2.1. Розрахунок елементів розвороту літака

а) Радіус розвороту літака R обчислюється по формулі, відомої з курсу аеродинаміки:

$$R = \frac{V^2}{g \operatorname{tg} \beta}$$

де V - істинна повітряна швидкість, м/с;
 g - прискорення сили ваги, рівне $9,81 \text{ м/с}^2$;
 β - кут крену на розвороті.

Звичайно радіус розвороту розраховується на навігаційній лінійці.

Порядок розрахунку радіуса розвороту на НЛ-10М (мал. 6):

- установити значення кута крену β (шкала «Тангенс») проти значення істинної повітряної швидкості в сотнях кілометрів у годину (шкала « $V: 100$ »);
- проти червоного індексу R (шкала «Тангенс») відрахувати значення радіуса розвороту R у кілометрах (шкала «Радіуси розвороту - відстані - висоти»).

Приклад. $V = 850$ км/год, $\beta = 30^\circ$, $R = ?$

Відповідь. $R = 9,8$ км.

б) Кут розвороту літака $УР$ вимірюється транспортиром на карті або визначається по формулі

$$УР = ПУ_2 - ПУ_1,$$

де $(ПУ_2 - ПУ_1)$ - різниця шляхових кутів сусідніх етапів маршруту.

Приклад. $ПУ_1 = 329^\circ$, $ПУ_2 = 86^\circ$, розворот правий. $УР = ?$

Рішення. $УР = 86 - 329 = (86 + 360) - 329 = 117^\circ$.

в) Час розвороту літака на заданий кут розраховується по формулі

$$t_{ур} = \frac{2\pi R УУ}{V 360} = t_{360} \frac{УР}{360},$$

де t_{360} - час віражу з заданими креном і швидкістю. Час розвороту літака на заданий кут $t_{ур}$ розраховується на навігаційній лінійці.

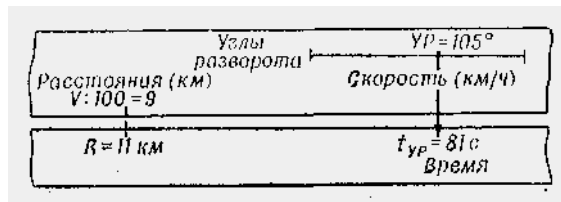


Рис. 7. Розрахунок часу розвороту на заданий кут за допомогою НЛ-10М за відомим значенням V і R

Порядок розрахунку часу розвороту $t_{ур}$ на НЛ-10М:

1-й спосіб: за відомим значенням V і R (мал. 7):

- проти значення істинної повітряної швидкості в сотнях кілометрів у годину (шкала «Відстань - швидкість») установити значення радіуса розвороту в кілометрах (шкала «Час»);
- проти значення кута розвороту в градусах (шкала «Кути розвороту») зняти відлік часу розвороту $t_{ур}$ у хвиликах і секундах (шкала «Час»).

Приклад. $V = 900$ км/год, $R = 11$ км, $УР = 105^\circ$. $t_{ур} = ?$

Відповідь. $t_{105} = 81$ с.

В окремому випадку, для $УР = 360^\circ$, проти червоного індексу t_{360} (шкала «Відстань - швидкість») на шкалі «Час» одержимо значення часу віражу.

2-й спосіб: за відомим значенням β і V (мал. 10.8 і 10.9):

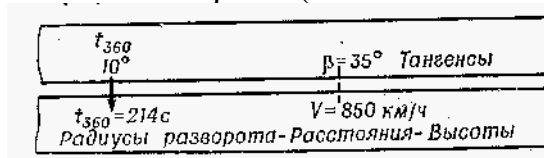


Рис. 8. Розрахунок часу розвороту на 360° на НЛ-10М

- проти значення повітряної швидкості в кілометрах у годину (шкала «Радіуси розвороту - відстані - висоти») установити значення крену β (шкала «Тангенсы»);

- проти чорного індексу t_{360} (шкала «Тангенс») зняти відлік t_{360} у секундах (шкала «Радіуси розвороту - відстані - висоти»);

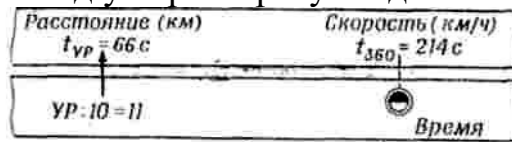


Рис. 9. Розрахунок часу розвороту на заданий кут за допомогою НЛ-10М за відомим значенням t_{360}

- сполучити круглий червоний індекс (шкала «Час») зі значенням t_{360} у секундах (шкала «Відстань - швидкість»);
- проти значення кута розвороту, зменшеного в 10 разів (шкала «Час»), зняти відлік часу розвороту t_{yp} у секундах (шкала «Відстань - швидкість»).

Приклад. $V = 850$ км/год, $\beta = 35^\circ$, $УР = 110^\circ$. $t_{yp} = ?$

Відповідь. 1. $t_{360} = 214$ с.

2. $t_{110} = 66$ с.

г) Довжина шляху, яку проходить літак за час розвороту, визначається по формулі

$$S_{yp} = V t_{yp} \quad (10.4)$$

або розраховується за допомогою навігаційної лінійки.

Порядок розрахунку довжини шляху S_{yp} на НЛ-10М (мал. 10.10):

- проти червоного трикутного індексу (шкала «Час») установити значення повітряної швидкості в кілометрах у годину (шкала «Відстань - швидкість»);
- проти часу розвороту на заданий кут t_{yp} у хвилинах і секундах (шкала «Час») зняти відлік S_{yp} у кілометрах (шкала «Відстань - швидкість»).

Приклад. $V = 900$ км/год, $t_{yp} = 1$ хв 12 с. $S_{yp} = ?$

Відповідь. $S_{yp} = 18$ км.

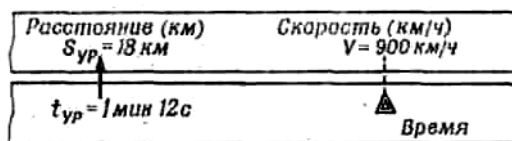


Рис. 10. Розрахунок довжини шляху, який проходить літак за час розвороту на НЛ-10М

У тому випадку, коли час розвороту літака виражено в секундах, розрахунок зручніше робити в наступному порядку (мал. 11):

- проти значення повітряної швидкості в сотнях кілометрів у годину (шкала «Відстань - швидкість») встановити круглий червоний індекс (шкала «Час»);
- проти значення часу розвороту t_{yp} у секундах (шкала «Час») зняти відлік довжини шляху, який проходить літак за розворот S_{yp} у кілометрах (шкала «Відстань - швидкість»).

Расстояние (км)	Скорость (км/ч)
$S_{ур} = 7 \text{ км}$	$V: 100 = 9$
$t_{ур} = 28 \text{ с}$	Время

Рис. 11. Розрахунок довжини шляху, який проходить літак за час розвороту при $t_{ур}$ вираженому в секундах

Приклад. $V = 900 \text{ км/год}$, $t_{ур} = 28 \text{ с}$. $S_{ур} = ?$

Відповідь. $S_{ур} = 7 \text{ км}$.

д) Величина лінійного упередження розвороту ЛУР розраховується по формулі, отриманої з мал. 2:

$$\text{ЛУР} = R \operatorname{tg} \frac{УР}{2}.$$

Лінійне упередження розвороту, як правило, розраховується за допомогою навігаційної лінійки.

Порядок розрахунку ЛУР на НЛ-10М (мал. 12):

- установити трикутний індекс (шкала «Тангенсы») проти значення радіуса розвороту R у кілометрах (шкала «Радіуси розвороту - відстані - висоти»);
- проти значення половини кута розвороту $УР/2$ у градусах (шкала «Тангенсы») зняти відлік ЛУР у кілометрах (шкала «Радіуси розвороту - відстані - висоти»).

Приклад. $R = 11 \text{ км}$, $УР = 84^\circ$. ЛУР = ?

Відповідь. ЛУР = 9,9 км.

$УР/2 = 42^\circ$	Тангенсы
$ЛУР = 9,9 \text{ км}$	$R = 11 \text{ км}$
Радіусы разворота - Расстояния - Высоты	

Рис. 12. Розрахунок лінійного упередження розвороту ЛУР за допомогою лінійки НЛ-10М

2.2. Визначення шляхових кутів по ділянках маршруту

Значення заданого магнітного шляхового кута (ЗМПУ) розраховується по істинному шляховому куту, обмірюваному за допомогою транспортира на карті в даній точці (мал. 13), і магнітному відмінюванню в її районі.

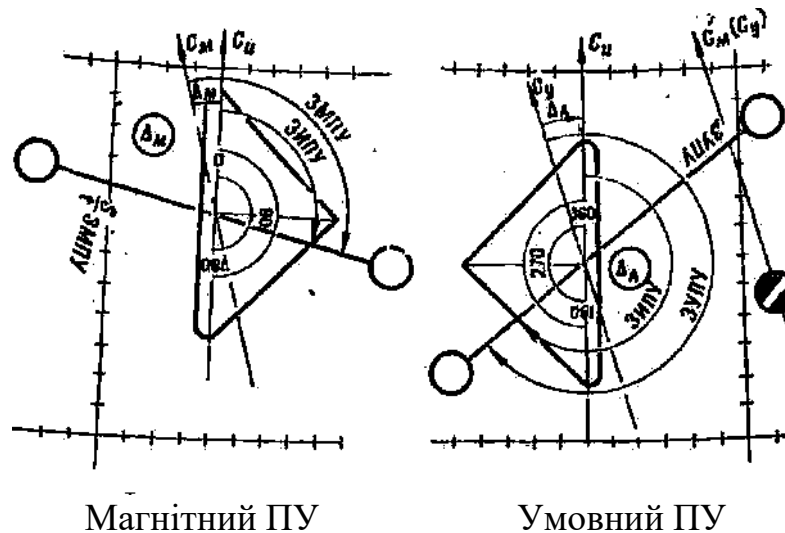


Рис. 13. Визначення шляхових кутів по ділянках маршруту

Розрахунок виконується по формулі

$$\text{ЗМПУ} = \text{ЗИПУ} - (\pm \Delta_M),$$

де ЗИПУ - істинний шляховий кут у даній точці;

Δ_M - магнітне відмінювання в районі точки виміру шляхового кута.

ЗМПУ для етапу маршруту визначається в середній точки прямолінійної ділянки лінії шляху.

Умовні шляхові кути (ЗУПУ) можуть бути обмірювані на карті (мал. 13) або обчислені аналітично.

Якщо на карті нанесена сітка умовних меридіанів, то ЗУПУ вимірюються безпосередньо за допомогою транспортира.

Для розрахунку умовного шляхового кута на карті вимірюється істинний шляховий кут і визначається азимутальне виправлення для точки виміру ИПУ. Розрахунок ЗУПУ виконується по формулі

$$\text{ЗУПУ} = \text{ЗИПУ} + (\pm \Delta_A),$$

де Δ_A - азимутальне виправлення для точки виміру ЗИПУ.

2.3. Визначення довжини ділянок і загальної довжини маршруту

Довжина кожної ділянки маршруту S_i складається з довжини криволінійної ділянки маршруту S_{ypi} і довжини прямолінійної ділянки маршруту S_{npi} і визначається по формулі

$$S_i = S_{ypi} + S_{npi},$$

Довжина прямолінійної ділянки маршруту визначається на карті за допомогою масштабної лінійки, а шлях, який проходить літак за час розвороту, розраховується на НЛ-10М.

Сума довжин усіх ділянок маршруту від ИПМ до КПМ визначається по формулі

$$S_{\text{обц}} = S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} + S_n$$

і складає загальну довжину маршруту.

2.4. Визначення часу польоту по ділянках маршруту, загальної тривалості польоту і резерву льотного часу

Штильний час польоту на ділянці, маршруту визначається по формулі

$$t_i = \frac{S_i}{V_i}.$$

Час польоту по етапах маршруту розраховується за допомогою навігаційної лінійки.

Порядок розрахунку часу польоту на ділянці маршруту на НЛ-10М (мал. 14):

- проти значення повітряної швидкості в кілометрах у годину (шкала «Відстань - швидкість») установити червоний трикутний індекс (шкала «Час»);
- проти значення довжини ділянки маршруту в кілометрах (шкала «Відстань - швидкість») зняти значення часу польоту на ділянці t_i у хвилинах і секундах (шкала «Час»).

Приклад. $V_i = 950$ км/год, $S_i = 74$ км, $t_i = ?$

Відповідь. $t_i = 4$ хв 40 с.

Загальна тривалість польоту $t_{\text{общ}}$ визначається як сума часу злету і польоту даного літака до збору групи в бойовий порядок $t_{i \text{ ностр}}$, часу польоту після збору групи до ИПМ $t_{\text{до ИПМ}}$, часу польоту від ИПМ до цілі $t_{\text{до ц}}$, часу перебування над цілю $t_{\text{ц}}$, часу польоту від цілі до КПМ $t_{\text{до КПМ}}$, часу польоту від КПМ до рубежу розпуску групи $t_{\text{до р.росп}}$, часу польоту для розпуску $t_{\text{іросп}}$, часу, витраченого на захід і посадку $t_{\text{нос}}$.

$$t_{\text{общ}} = t_{i \text{ ностр}} + t_{\text{до ИПМ}} + t_{\text{до ц}} + t_{\text{ц}} + t_{\text{до КПМ}} + t_{\text{до р.росп}} + t_{\text{іросп}} + t_{\text{нос}}. \quad (10.11)$$

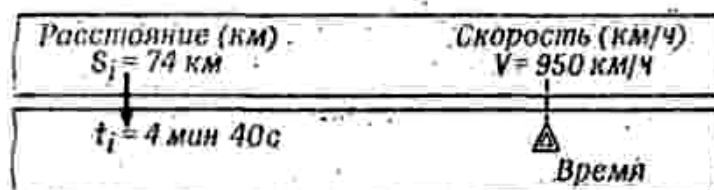


Рис. 14. Розрахунок часу польоту на ділянці маршруту за допомогою НЛ-10М

Час, затрачуваний на зліт, збір групи, розпуск і посадку, розраховується для кожного конкретного випадку з урахуванням рівня підготовки льотного складу, застосовуваних способів побудови і розпуску бойових порядків і місця даного літака в бойовому порядку.

Резерв літного часу визначається як різниця між максимальною практичною тривалістю польоту літака (групи) при даному запасі палива і режимі польоту і загальною розрахунковою тривалістю польоту, узятую з

урахуванням можливої зміни тактичної, метеорологічної і радіаційної обстановки в польоті.