

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

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни «Загальна навігація»  
обов'язкових компонент  
освітньої програми першого (бакалавр) рівня вищої освіти **272**  
*Авіація*

за темою №1.4 – «Вплив вітру на політ ПС»

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 26.09.22 №9

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Протокол від 19.09.22 №2

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 23.09.22 №9

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації  
протокол від 29.08.22 №2

**Розробник:** викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст Олійник Ю. Л.

**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. Поняття про вітер.
2. Навігаційний трикутник швидкостей та його елементи.
3. Залежність кута зносу та шляхової швидкості від зміни повітряної швидкості; швидкості вітру та кута вітру.

### **Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті**

#### **Основна література**

1. 1. Чорний М.А. Повітряна навігація. М., Транспорт, 1991, 432 с.
2. 2. Марков В.І. Аеронавігаційне забезпечення польотів на міжнародних повітряних лініях. Кіровоград, 2004, 320 с.
3. 3. Кисельов В.Ф. Довідник пілота та штурмана ЦА. М., Транспорт, 1988, 319 с.
4. 4. Луцький Ю.С. Конспект лекцій з повітряної навігації. Кременчук, 1994, 142 с.
5. 5. Луцький Ю.С. Повітряна навігація. Кременчук, 2001, 128 с.

#### **6. Допоміжна література**

7. 6. Лопатніков Ю.І. Застосування навігаційного комплексу вертольота Мі-26, Кременчук, 1990, 100 с.
8. 7. Старков Н.В. Застосування навігаційного комплексу вертольота Мі-8МТВ. Кременчук, 1996, 158 с.
9. 8. Миронович М.В. Льотна експлуатація навігаційного обладнання вертольота Ка-32. Кременчук, 2002, 85 с.
10. 9. Положення про використання польотного простору України.
11. 10. Правила польотів ПС в повітряному просторі України.
12. 11. Наказ Мінтранспорту України № 283 від 16.04.2003 р.
13. 12. Наказ Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації № 295 від 28.04.2005 р.

#### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

14. uksatse.ua  
youcontrol.com.ua

## Тема 1: ВПЛИВ ВІТРУ НА ПОЛІТ ВЕРТОЛЬОТУ.

1. Поняття про вітер. Навігаційна характеристика вітру.

Одним з основних метеоелементів, які ураховуються у вертольотобудуванні, є вітер.

*Вітер* - горизонтальний рух повітряної маси відносно земної поверхні.

Причина його виникнення - нерівномірний розподіл а/тиску на земній поверхні. Вітер характеризується напрямом і швидкістю.

Напрямок вітру визначається кутом між північним напрямком меридіану і напрямком переміщення повітряних мас. Цей напрямок вимірюється від меридіану по ходу годинникової стрілки від  $0^0$  до  $360^0$ .

Напрямок, відкідля приходить повітряна маса в точку (А) називається - **метеорологічним** ( $\phi$ ).

Відраховується від північного напрямку, дійсного або магнітного меридіану.

Напрямок, куди переміщується повітряна маса від точки (А), називається **навігаційним** ( $\phi_H$ ). Відраховується від північного напрямку, магнітного меридіану.

Напрямок ( $\phi$ ) відрізняється від ( $\phi_H$ ) на  $180^0$  і на величину  $\Delta m$ :

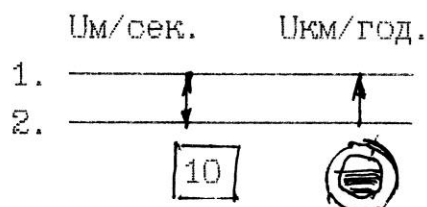
$$\phi_H = \phi \pm 180^0$$

$$\phi_H = \phi_d. (\pm \Delta m) \pm 180^0$$

*Швидкістю вітру* називається швидкість переміщення повітряної маси відносно земної поверхні. Позначається буквою (U).

Швидкість вітру - величина векторна. Вимірюється в км/год. і м/сек., виражається формулами:

U<sub>км/год.</sub> = U<sub>м/сек.</sub> · 3,6; U<sub>км/год.</sub> = U<sub>м/сек.</sub> · 4-4 · U<sub>м/сек.</sub> / 10,  
або на НЛ - 10,



ПРИКЛАД:  $\beta = 270^0; U = 15 \text{ м/сек.}$   
 $U_{\text{км/год}} = ? = ?$

$$\beta_H = 270^0 - 180^0 = 90^0$$

$$U_{\text{км/год.}} = 15 \cdot 4 - 4 \cdot 15 / 10 = 54 \text{ км/год.}$$

Урахування напрямку та швидкості вітру для визначення напрямку польоту та швидкості пересовування вертольоту відносно земної поверхні є однією з основних задач вертольотоводіння.

Екіпажу, який виконує польоти в районі аеродрому повідомляється кулепілотний вітер (КПВ) біля землі та на висоті польоту через кожні 100м.

( $\beta$  ;  $U_{\text{м/с.}}$ )

При польоті по маршруту екіпажу повідомляється прогностичний вітер на заданій висоті польоту.

( $\beta$ ;  $U_{\text{км/год.}}$ )

## 2. Політ вертольоту при безвітряній погоді і в площині вітру.

### 2.1. Політ вертольоту при безвітрі.

При польоті в "штиль"  $W=V$ . Для польоту по "ЛЗШ повинен витримуватися"  $MK=ЗМШК$ , при цьому вектор  $V$ , лінія курсу, продольна вісь вертольоту, вектор  $W_i$  "ЛЗШ будуть поєднані".

2. Політ вертольоту в площині вітру - при суворо зустрічному вітрі ( $W < V$ ) на величину швидкості вітру ( $U$ ).

- при суворо попутньому вітрі ( $W > V$ ) на величину швидкості вітру ( $U$ ).

### 3. Навігаційний трикутник швидкостей (Н.Т.Ш.)

У польоті вертоліт піддається впливу вітру і виконує при цьому два рухи:

- відносно повітря вертоліт переміщується по напрямку своєї продольної вісі з повітряною швидкістю;
- у той же час він разом із повітрям переноситься зі швидкістю вітру у ту сторону куди віє вітер.

Отже, відносно земної поверхні вертоліт рухається по рівнодіючій, побудованій на повітряній швидкості вертольоту та швидкості вітру.

Як ми бачимо з малюнку, напрям рівнодіючої визначає "ЛФШ", вертольоту, а її значення - шляхову швидкість, яка позначається літерою ( $W$ ).

Якщо ми вектор  $U$  перенесемо паралельно самому собі в кінець вектора  $V$ , то одержимо трикутник, утворений трьома векторами  $V$ ,  $W$ ,  $U$ , який називається **навігаційним трикутником швидкостей** (Н.Т.Ш.).

У НТШ вектор повітряної швидкості  $V$  визначається курсом вертольоту та величиною повітряної швидкості;

- вектор вітру ( $U$ ) напрямом та швидкістю вітру;
- вектор шляхової швидкості ( $W$ ) - шляховим кутом та величиною шляхової швидкості.

## Е Л Е М Е Н Т А М И   Н Т Ш   Е:

1. МК - магнітний курс;
2. МШК - магнітний шляховий кут може бути (ЗМШК ФМШК);
3.  $\delta_H$  - навігаційний напрям вітру;
4. V - повітряна швидкість, км/год.;
5. W - шляхова швидкість, км/год.;
6. U - швидкість вітру, км/год.

КЗ - кут зносу, кут між продольною віссю вертольоту та лінією шляху.

Відраховується від продольної вісі вертольоту праворуч зі знаком "плюс", ліворуч зі знаком "мінус".

Якщо відраховується до ЛЗШ (КЗ<sub>Р</sub>).

Якщо відраховується до ЛФШ (КЗ<sub>Ф</sub>).

КВ - кут вітру, кут між лінією шляху (ЛЗШ або ЛФШ) і напрямком навігаційного вітру. КВ відраховується від лінії шляху по ходу годинникової стрілки від  $0^0$  до  $360^0$ .

$$КВ = \delta_H - МШК$$

$$КВ = \delta \pm 180 - МШК$$

ККВ - курсовий кут вітру, кут між продольною віссю вертольоту та напрямком навігаційного вітру. ККВ відраховується від продольної вісі вертольоту по ходу годинникової стрілки від  $0^0$  до  $360^0$ .

$$ККВ = \delta_H - МК$$

$$ККВ = КВ + (\pm КЗ)$$

МШК - кут, замкнений між північним напрямком магнітного меридіану та лінією шляху. Відраховується від ( $\Pi_M$ ) по ходу годинникової стрілки від  $0^0$  до  $360^0$ .

- до ЛЗШ - ЗМШК

- до ЛФШ - ФМШК

Елементи НТШ знаходяться у залежності один від одного.

а). Залежність між МК, КЗ, ЗМШК, ФМШК.

б). Залежність КЗ і W від зміни V.

При збільшенні або зменшенні V, елементи НТШ змінюється, внаслідок чого вертоліт відхиляється від "ЛЗШ".

при МК,  $\delta_H$ , U - const.

- при збільшенні швидкості (V) КЗ зменшується;

- при зменшенні V КЗ збільшується;

з малюнка видно, що  $W_1 = W + \Delta W$

із трикутника ABC маємо  $\Delta W = \Delta V \cdot \cos \text{КЗ}$ , КЗ при малих КЗ,

$\cos \text{КЗ} \approx 1$ , тоді  $\Delta W \approx \Delta V$

при змінюванні V та при незмінних МК,  $\delta_H$ , U шляхова швидкість змінюється майже пропорційно повітряній швидкості, тобто

$$\Delta W_1 \approx \Delta V_1, \quad W_1 = W \pm \Delta V,$$

тобто

зменшення V, або збільшення V викликає пропорційну зміну.

в). Залежність КЗ і W від зміни швидкості вітру.

При незмінних МК, V і напрямку вітру.

При попутньо-боковому вітрі КЗ і W при збільшенні швидкості вітру на  $\Delta U$  - збільшуються. (Мал.1)

При незмінних МК і V і напрямку вітру.

При зустрічно-боковому вітрі при збільшенні швидкості вітру W - зменшується.

КЗ - збільшується. (Мал.2)

При збільшенні швидкості вітру МШК збільшується при додатньому куті зносу.

При від'ємному куті зносу МШК зменшується.



г). Залежність  $KЗ$  і  $W$  від зміни напрямку вітру ( $KB$ ).

Для виявлення цієї залежності відкладемо у визначеному масштабі вектор повітряної швидкості ( $V$ ).

З кінця вектору ( $V$ ) відкладемо радіус рівний швидкості вітру у тому ж масштабі.

Радіусом, рівним швидкості вітру, опишемо коло. Переміщуючи вектор вітру по ходу годинникової стрілки  $KB$  буде змінюватись від  $0^0$  до  $360^0$ .

1. Розглянемо залежність  $KЗ$  від змінювання  $KB$ .

- при зміні  $KB$  від  $0^0$  до  $90^0$   $KЗ$  збільшується від  $0^0$  до максимального;

- при  $KB = 90^0$   $KЗ$  макс.

- при зміні  $KB$  від  $90^0$  до  $180^0$   $KЗ$  зменшується від максимального до 0;

- при  $KB = 180^0$   $KЗ = 0^0$ ;

- при зміні  $KB$  від  $180^0$  до  $270^0$   $KЗ$  збільшується від  $0^0$  до максимального;

- при  $KB = 270^0$   $KЗ$  макс;

- при зміні  $KB$  від  $270^0$  до  $360^0$   $KЗ$  зменшується від максимального до  $0^0$ ;

- при  $KB = 360^0$   $KЗ = 0^0$ .

2. Розглянемо залежність  $W$  від змінювання  $KB$ .

- $KB = 0^0$   $W$  рівна сумі  $V+U$ ;

- при зміні  $KB$  від  $0^0$  до  $90^0$  зменшується  $W$  при  $KB = 90^0$   
 $W = V$ ;

- при зміні  $KB$  від  $90^0$  до  $180^0$   $W$  зменшується і при  $KB = 180^0$   
 $W = V-U$ ;

- при зміні  $KB$  від  $180^0$  до  $270^0$   $W$  збільшується і при  $KB = 270^0$   $W = V$ ;

- при зміні  $KB$  від  $270^0$  до  $360^0$   $W$  збільшується і при  $KB = 360^0$   $W = V+U$ ;

При  $KB$  від  $0^0$  до  $180^0$  ( $KЗ+$ ) від  $180^0$  до  $360^0$  ( $KЗ-$ ).

При  $KB$  від  $270^0-360^0-90^0$   $W > V$ .

При  $KB$  від  $90^0-180^0-270^0$   $W < V$ .

#### 4. Розв'язок навігаційного трикутника швидкостей.

##### а). Розв'язок НТШ - аналітично.

КЗ, W розв'язати НТШ - це означає визначити невідомі його елементи. Величина КЗ і W залежить від V, U і KB. Ця залежність може бути виведена аналітичним способом із НТШ за теоремою синусів.

Із співвідношення елементів НТШ за теоремою синусів маємо:

$$\frac{\sin KЗ}{U} = \frac{\sin KB}{V} = \frac{\sin (180-(KB+KЗ))}{W}$$

За теоремою синусів в  $\Delta ABC$  маємо:

$$\frac{\sin KЗ}{U} = \frac{\sin KB}{V} \quad \text{звідки} \quad \sin KЗ = \frac{U}{V} \sin KB \quad (1).$$

Синусом малих кутів приймають рівними самим кутом, вираженими у радіанній мірі:

$$\sin 1^{\circ} = 1/57,3 \approx 1/60, \quad \sin KЗ = KЗ/60.$$

Підставляючи у формулу (1) значення КЗ отримаємо:

$$\frac{KЗ}{60} = \frac{U}{V} \cdot \sin KB \quad \text{звідки} \quad KЗ = \frac{U}{V} \cdot 60 \cdot \sin KB \quad (2).$$

Відомо, що синуси кутів  $90^{\circ}$  і  $270^{\circ}$  рівні  $\pm 1$ , а величина КЗ при  $KB = 90^{\circ}(270^{\circ})$  дістає максимальне, то маємо:

$$KЗ_{\max.} = \frac{U}{V} \cdot 60^{\circ} \quad (3), \quad KЗ = KЗ_{\max.} \cdot \sin KB.$$

Для визначення шляхової швидкості із співвідношення теореми синусів, отримаємо:

$$\frac{\sin KB}{V} = \frac{\sin (180-(KB+KЗ))}{W}$$

за формулою приведення синусів маємо:

$$\sin [180^{\circ}-(KB+KЗ)] = \sin (KB+KЗ) \quad \text{внаслідок:}$$

$$W = \frac{\sin(KB+KЗ)}{\sin KB} \cdot V \quad (5).$$

для визначення (W) користуватися формулою (5) незручно.

Більш просту формулу для визначення можна отримати з НТШ опустивши перпендикуляр на (W), отримаємо W у двох відрізках.

$$AC = AD + DC.$$

Виразимо ці відрізки через вектори V, U і прилеглі кути отримаємо:  $W = V \cdot \cos KЗ + U \cos KB$ .

Кути зносу мають невеликі значення, а косинуси малих кутів близькі до одиниці, прийнявши  $\cos KЗ = 1$ , отримаємо:

$$W = V + U \cos KB \quad (6)$$

Із аналізу формул можна зробити висновок, що KЗ і W основним навігаційними елементами, від знання і правильного урахування їх залежить точність польоту за маршрутом.

ПРИКЛАД:  $V=200\text{км/год.}$ ,  $\theta_H=120^0$ ,  $U=40\text{км/год.}$ ,  $\angle MK=90^0$ .

ВИЗНАЧИТИ: KЗ, W.

РОЗВ'ЯЗОК:  $KB=120^0-90^0=30^0$

$$KЗ = \frac{40}{200} \cdot 60 \cdot \sin 30^0 = +6^0$$

$$W = 200 + 40 \cdot \cos 30^0 = 236\text{км/год.}$$

б). Розв'язок НТШ - графічно.

Для розв'язку НТШ графічно необхідно будувати трикутник за правилом паралелограму:

V - відкладається у напрямку П.О вертольоту;

W - у напрямку МК, діагоналі паралелограму.

Кінець вектору V і початок вектору U, а також кінець вектору W і кінець вектору U в трикутнику завжди співпадає в одній точці.

Перед побудованням НТШ необхідно уявно представити напрямки векторів, щоб правильно розташувати креслення.

Для визначення КЗ, W, МК необхідні данні V, ЗМШК, б<sub>н</sub>, U.

Порядок розв'язку розглянемо на прикладі.

V = 200км/год., ЗМШК = 90<sup>0</sup>., б<sub>н</sub> = 150<sup>0</sup>, U = 40км/год.

ВИЗНАЧИТИ: КЗ = ?, W = ?, МК = ?

РОЗВ'ЯЗОК: на мисті паперу через помічену точку провести північний напрям магнітного меридіану.

- За допомогою транспорту відкладемо ЗМШК = 90<sup>0</sup>, б<sub>н</sub>=150<sup>0</sup>.

- Узяти масштаб для побудовання в 1см 20км.

- З поміченої точки у напрямку вітра відкласти швидкість вітру U = 40км/год., у вибраному масштабі.

- З кінця вектору (U), радіусом рівним V = 200км/год. за допомогою циркулю зробити засічку на "ЛЗШ" у прийнятому масштабі. Ця засічка буде кінцем вектору шляхової швидкості.

- За допомогою лінійки і транспорту побудувати паралелограм.

- Виміряти транспортом КЗ = +10<sup>0</sup>, МК = 80<sup>0</sup>, величину вектору шляхової швидкості і помножити на вибраний масштаб, отримаємо W=220км/год.

в). Розв'язок НТШ на НЛ-10м.

НТШ на НЛ-10м.розв'язується за теоремою синусів

$$\frac{\sin KЗ}{U} = \frac{\sin KB}{V} = \frac{\sin(KB+KЗ)}{W}$$

виражене ключем

$$\frac{KЗ}{U} = \frac{KB}{V} = \frac{KB + KЗ}{W}$$

Порядок розв'язку:

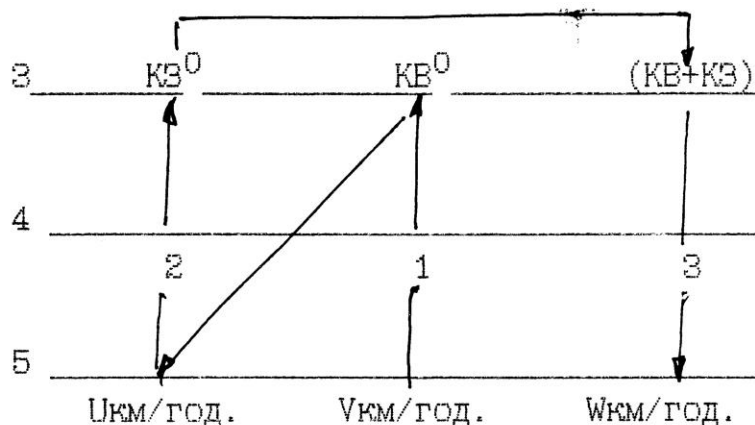
1. Визначити KB = б<sub>н</sub>-ЗМШК, якщо KB > 180<sup>0</sup>, розрахувати доповнення до 360<sup>0</sup> (360<sup>0</sup>-KB).

2. Установити визирку по шкалі (5) на значення (V), посувачем підвести під лінію визирки на шкалі (3) синусів значення (KB) або доповнення до 360<sup>0</sup>.

3. Перемістити визирку по шкалі (5) на значення швидкості вітру (U) під лінією визирки на нижньому ряду шкалі (3) відрахувати значення (КЗ) у градусах з точністю (1). Якщо значення КЗ менше 5<sup>0</sup> відрахувати його за шкалою (4) тангенсів.

З. Для визначення шляхової швидкості (W) перемістити виарку за шкалою (З) на значення суми (KB+KЗ) (доповнення до  $360^0$  і кута зносу).

Суму (KB+KЗ) беремо за абсолютною величиною і вона завжди більше значення KB.



Привести приклад.

г). Розв'язок НТШ в "УМІ".

Визначення KЗ і W в умі розробляється уявним побудуванням НТШ за даними V, бн, U, ЗМШК, а також розрахунком в умі за формулами:

$$KЗ_p. = \frac{U}{V} \cdot 60 \cdot \sin KB$$

$$KЗ_{мак.} = \frac{U}{V} \cdot 60$$

$$KЗ_p. = KЗ_{мак.} \cdot \sin KB$$

KЗ<sub>мак.</sub> можна визначити за формулою:

$$KЗ_{мак.} = \frac{U}{V} \cdot 60, \quad \text{якщо прийняти } \frac{60}{V} = K,$$

тоді KЗ<sub>мак.</sub> = U · K, де "K" визначають в залежності від (V)

при V=120-150км/год. K=1/2; KЗ<sub>мак.</sub> = U/2

150-200км/год. K=1/3; KЗ<sub>мак.</sub> = U/3

200-240км/год. K=1/4; KЗ<sub>мак.</sub> = U/4

240км/год. K=1/5; KЗ<sub>мак.</sub> = U/5

де: (U) беремо в км/год.

Для визначення КЗ достатньо запм'ятати значення КВ для кутів вітру кратних  $15^0$ .

КВ, ГРАД.	КП, ГРАД.
0 (180)	0
15, 165 (195,345)	$\pm 0,3 \text{ КЗ}_{\text{мак.}}$
30, 150 (210,330)	$\pm 0,5 \text{ КЗ}_{\text{мак.}}$
45, 135 (225,315)	$\pm 0,7 \text{ КЗ}_{\text{мак.}}$
60, 120 (240,300)	$\pm 0,8 \text{ КЗ}_{\text{мак.}}$
75, 105 (225,285)	$\pm 0,9 \text{ КЗ}_{\text{мак.}}$
90 (270)	$\pm \text{КЗ}_{\text{мак.}}$

$$V = 160 \text{ км/год.}, \text{ КВ} = 30^0, U = 30 \text{ км/год.}$$

$$\text{КЗ}_{\text{мак.}} = 30/3 = +10^0 \text{ КЗ} = 10^0 \sin 30^0 = +5^0$$

$$W = V + U \cos \text{КВ.}$$

Для зручності можна використовувати залежність шляхової швидкості від кута вітру, в якій (W) вказана як сума  $V+U$ , направленої по лінії шляху.

Достатньо запм'ятати значення КВ кратні  $15^0$ .

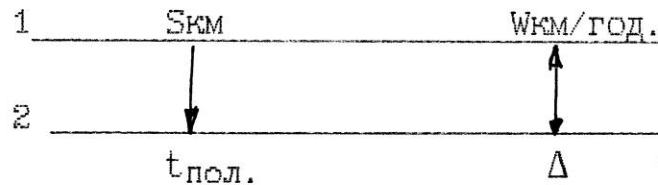
КВ, ГРАД. попутний (аустрічний)	КМ/ГОДИНУ
0 (180)	$V + U$
15, 345 (165,195)	$V \pm 0,9 U$
30, 330 (150,210)	$V \pm 0,8 U$
45, 315 (135,225)	$V \pm 0,7 U$
60, 300 (120,240)	$V \pm 0,5 U$
75, 285 (105,255)	$V \pm 0,3 U$
90 (270)	$V$

$$V = 200 \text{ км/год.}, U = 50 \text{ км/год.}, \text{ КВ} = 60^0$$

$$W = 200 + 50 \cdot \cos 60^0 = 225 \text{ км/год.}$$

## РОЗРАХУНОК ЧАСУ ПОЛЬОТУ.

На НЛ-10м.



За формулами  $t_{п.} = S/W$  км/км/год; або  $S_{км}/W_{км/год} \cdot 60 = \text{мин.}$

## РОЗРАХУНОК ШЛЯХОВОЇ ШВИДКОСТІ.

- по відомим V, KB, U, KЗ на НЛ-10м;
- підрахунком в умі;
- за час польоту відомої відстані;
- за допомогою "ДИСС".

## ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЙДЕНОЇ ВІДСТАНІ.

- по  $t_{п.}$  і W на НЛ-10м;
- підрахунком в умі.

## 5. Розрахунок навігаційних елементів польоту (НЕП).

Для розв'язку задач по визначенню НЕП необхідно знати п'ять величин: ЗМШК, V, бн, U, S км. За даними значеннями визначаються: KB, бн, КЗр., W,  $t_{пол.}$ , МКр.

Отримані значення НЕП записуємо у відповідні графи штурманського бортового журналу.

Дано: ЗДШК - (вимірюємо на карті);

Δм - (беремо на карті);

V - (визначена завданням на політ);

Sкм - (відстань ділянки маршруту вимірюємо на карті);

б, U - прогностичний вітер на висоті польоту, беремо на "АМСГ".

Визначити: ЗМШК = ЗДШК - ( $\pm \Delta_m$ )

бн = б  $\pm 180^\circ$

КЗр.

Wкм/год. визначаємо на НЛ-10м.

$t_{пол.}$  - визнаємо по Sділ. та Wна. НЛ-10м. або підрахунком в умі.

МКр. = ЗМШК - ( $\pm$ КЗр.)

Навести приклад.

## 6. Розрахунок зворотнього магнітного курсу слідування (ЗМК).

При необхідності повернення вертольоту з маршруту у пункт вильоту розраховується ЗМК.

$$\text{ЗМК}_{\text{сл.}} = \text{ЗМК}_{\text{сл.}} = \text{ЗМШК} \pm 180 + (\pm \text{КЗ})$$

$$\text{ЗМК}_{\text{сл.}} = \text{МК}_{\text{р.}} \pm 180 + (\pm 2\text{КЗ}_{\text{р.}})$$

Навести приклад.

## 7. Еквівалентний вітер.

Для зпрошення розрахунків, пов'язаних з урахуванням впливу вітру на політ, введення поняття еквівалентного вітру.

Еквівалентний вітер ( $U_{\text{е.}}$ ) - "умовний" вітер, який завжди співпадає по напрямку з "ЛЗШ" і створює таку ж шляхову швидкість, як і фактичний вітер.

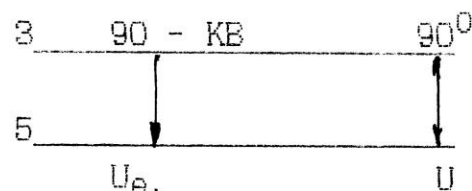
$U_{\text{е.}}$  пов'язаний з ( $W$ ) і ( $V$ ) співвідношенням

$$U_{\text{е.}} = W - V. \quad U_{\text{е.}} = U \cos \text{KB} - \frac{U^2}{2V} \sin^2 \text{KB}$$

При  $W > V$  -  $U_{\text{е.}}$  попутний

$W < V$  -  $U_{\text{е.}}$  зустрічний

$$U_{\text{е.}} = U \cos \text{KB} = \Delta U$$





### 8. Визначення вітру у польоті.

У польоті екіпаж повинен періодично визначати швидкість та напрямок вітру на заданій висоті польоту і якщо він відрізняється від прогностичного вітру за яким розроблений передпольотний розрахунок, необхідно виконати у польоті перерозрахунок НЕР (КВ, КЗ, W, МК,  $t_{\text{п}}$ ) для наступних ділянок маршруту.

ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІТРУ У ПОЛЬОТІ ПОТРІБНО ЗНАТИ 4 ЕЛЕМЕНТИ:

-  $V_{\text{км/год.}}$ ,  $W_{\text{ф.км/год.}}$ ,  $МК_{\text{р.}}$ ,  $КЗ_{\text{ф.}}$ .

Швидкість вітру визначаємо на НЛ-10м через кут ( $\alpha$ ).

( $\alpha$ ) - це кут, замкнений між "ЛФШ" і метеорологічним напрямом вітру. Вимірюється від "ЛФШ" від  $0^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ . Кут ( $\alpha$ ) має знак кута зносу фактичною ( $КЗ_{\text{ф.}}$ ).

Знаючи  $МК_{\text{р.}}$  (розрахований перед польотом по прогностичному вітру).

$КЗ_{\text{ф.}}$  (визначен у польоті)

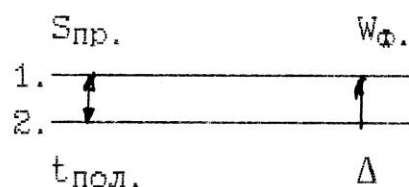
$S_{\text{пр.км.}}$  (визначено у польоті з польотної карти)

$t_{\text{пол.}}$  (знято з годинника у польоті)

$V$  км/год. (задано завданням на польот)

Можна визначити:

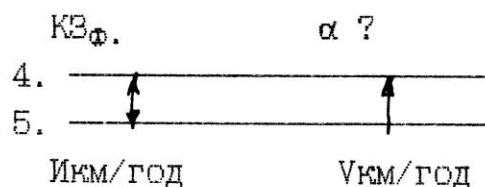
1. За  $S_{\text{пр.}}$  і  $t_{\text{пол.}}$   $\rightarrow W_{\text{ф.}}$  км/год.



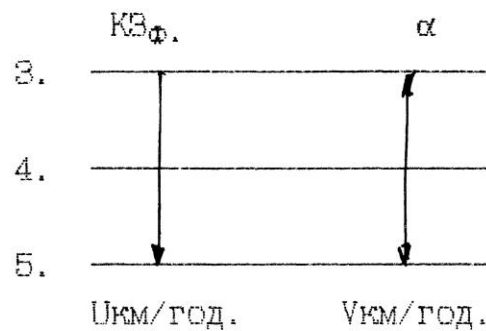
2. За відомими  $W_{\text{ф.км/год.}}$  і  $V$  км/год. можна визначити різницю ( $\Delta U$ ).

$$\Delta U = W_{\text{ф.}} - V$$

3. За даними  $V$ ,  $\Delta U$ ,  $КЗ_{\text{ф.}}$  на НЛ-10м визначаємо кут ( $\alpha$ )



4. На НЛ-10м за відомими  $V$ ,  $\Delta$ ,  $KЗ_{\Phi}$  визначаємо  $U_{км/год}$ .



5. Знаючи  $MK_p$  і  $KЗ_{\Phi}$  визначимо  $\Phi_{МШК}$

$$\Phi_{МШК} = MK_p + (\pm KЗ_{\Phi})$$

6. Метеорологічний напрямок вітру розраховуємо за формулами.

$$\text{Якщо: } W_{\Phi} < V_{д.} = \Phi_{МШК} - (\pm \alpha)$$

$$W_{\Phi} > V_{д.} = \Phi_{МШК} \pm 180^0 + (\pm \alpha)$$

НЕОБХІДНО ЗАПАМ'ЯТАТИ НАСТУПНІ ПРАВИЛА:

- якщо  $KЗ_{\Phi} = 0^0$ ,  $\alpha = 0^0$ ,  $W_{\Phi} > V$ ,  $\delta = \Phi_{МШК} \pm 180^0$ ,  $U = W_{\Phi} - V$ ;

- якщо  $KЗ_{\Phi} = 0^0$ ,  $\alpha = 0^0$ ,  $W_{\Phi} < V$ ,  $\delta = \Phi_{МШК}$   $U = V - W_{\Phi}$ ;

- якщо  $KЗ_{\Phi, макс.}$   $W_{\Phi} \approx V$ ,  $\alpha = 90^0$ ,  $\delta = \Phi_{МШК} - (\pm 90^0)$ ;

$$7. \delta_{н.} = \delta \pm 180^0.$$

ПРИКЛАД:  $MK_p = 80^0$

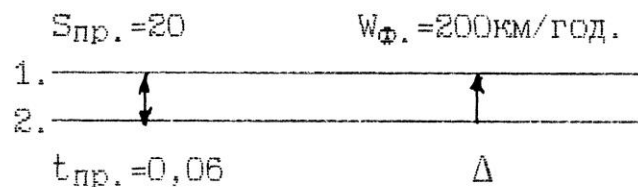
$$KЗ_{\Phi} = + 10^0$$

$$S_{пр.} = 20 км.$$

$$t_{пр.} = 0,06$$

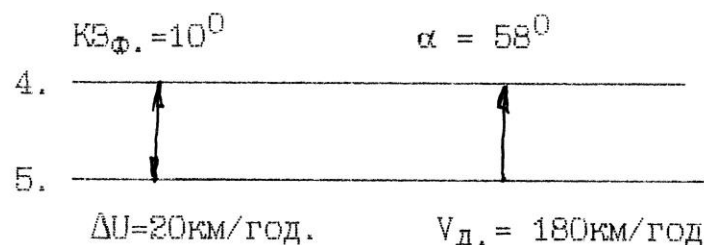
$$V_{д.} = 180 км/год.$$

РОЗВ'ЯЗОК: 1.  $W_{\Phi} = 200 км/год$ .

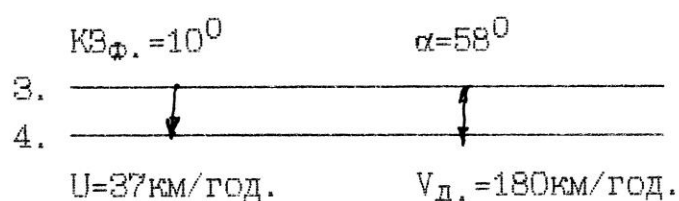


$$2. \Delta U = W_{\Phi} - V_{д.} = 200 - 180 = 20 км/год.$$

$$3. \alpha = + 58$$



$$4. U = 37 \text{ км/год.}$$



#### РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧ ВИЗНАЧЕННЯ НЕП

ЗДШК = 108		ЗМШК = $100^0 - (+10) = 90^0$	
$\Delta M = + 10^0$		$\delta_H = 120^0 + 180^0 = 300^0$	
$V_{д.} = 160 \text{ км/год.}$		$U = 11 \cdot 4 - 4 = 40 \text{ км/год.}$	
$\delta = 120^0$		$KB = 300^0 - 90^0 = 210^0 \quad (150^0)$	
$U = 11 \text{ м/с.}$		$KЗ_p. = -7$	
$S_{діл.} = 50 \text{ км.}$		$W_p. = 125 \text{ км/год.}$	НА НЛ-10м.

$$5. \Phi_{ШК} = 80 + (+10) = 90^0$$

$$6. W_{\Phi.} > V; \delta = 90^0 + 180^0 + (+58) = 328^0$$

$$7. \delta_H = 328^0 - 180^0 = 148^0$$

$$t_{п.} = 0,24 \text{ на НЛ-10м.}$$

$$MK_p. = 90 - (-7) = 97^0$$

$$ЗМК = 90 + 180 + (-7) = 263^0$$

#### РОЗВ'ЯЗОК КОМБІНОВАНИХ ЗАДАЧ З ВИЗНАЧЕННЯМ ВІТРУ У ПОЛЬОТІ.

"ЗДШК" = $80^0$		
$\Delta M = -10^0$		У польоті
$V = 180 \text{ км/год.}$		$S_{пр.} = 20 \text{ км.}$
$\delta = 300^0$		$t_{п.} = 0,05$
$U = 15 \text{ м/с.}$		$KЗ_{\Phi.} = +10^0$
$S_{діл.} = 50 \text{ км.}$		

$$\begin{aligned}
\text{ЭМШК} &= 80 - (-10) = 90^0 \\
\delta_{\text{н.}} &= 300 - 180 = 120^0 \\
U &= 15 \cdot 4 - 6 = 54 \text{ км/год.} \\
\text{КВ} &= 120^0 - 90^0 = 30^0 \\
\text{КЭр.} &= +9^0 \\
W &= 225 \text{ км/год.} \\
t_{\text{п.}} &= 0,14 \\
\text{МКр.} &= 90 - (+9) = 81^0 \\
\text{ЭМК} &= 81^0 + 180^0 + (+18^0) = 279^0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
W_{\Phi.} &= 240 \text{ км/год.} \\
U &= 240 - 180 = +60 \\
\alpha &= +28 \\
U &= 68 \text{ км/год.} \\
\Phi\text{МШК} &= 81^0 + (+10^0) = 91^0 \\
&= 91^0 + 180^0 + (+28^0) = 299^0 \\
&= 299^0 - 180^0 = 119^0
\end{aligned}$$