

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

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Льотні характеристики, виконання польотів та
планування (маса та баланс): вертоліт Мі-2»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Аеронавігація

За темою №2: «Підготовка до польоту»

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації, протокол № 1
від 28.08.2023 р.

Розробник: викладач вищої категорії циклової комісії аеронавігації Олійник
Ю. Л.

Рецензенти:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор 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. Розрахунок польоту: початкові дані
2. Розрахунок максимально-допустимої маси вертольота
3. Розрахунок кількості палива
4. Розрахунок відстані і тривалості польоту
5. Розрахунок комерційного завантаження
6. Розрахунок центрівки і завантаження вертольоту
7. Перед польотний огляд вертольота
8. Підготовка кабіни до запуску двигунів
9. Запуск двигунів
10. Перевірка систем і обладнання, вимкнення двигунів

Рекомендована література:

Основна

1. Про затвердження Авіаційних правил України «Технічні вимоги та адміністративні процедури щодо льотної експлуатації в цивільній авіації». НАКАЗ 05.07.2018 № 682
2. Порядок розробки керівництва з льотної експлуатації повітряного судна державної авіації України. URL: https://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2020/07/6674_0_19-20.pdf
3. Про деякі питання допуску авіаційного персоналу до льотної експлуатації повітряних суден у державній авіації України. Наказ МО України 16.12.2020 № 477. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/494170_760340
4. Приложение 1. (ICAO). «Выдача свидетельств авиационному персоналу».
5. Приложение 2. (ICAO). «Правила полетов».
6. Приложение 6. (ICAO). Часть 1. «Международный коммерческий воздушный транспорт. Самолеты».
7. Приложение 8. (ICAO). «Летная годность воздушных судов».
8. Правила польотів та обслуговування повітряного руху в класифікованому повітряному просторі України (Наказ МТУ від 16.04.2003 р., № 293 зі змінами та доповненнями).
9. Руководство по авиационным работам. (Дос 9408). - Монреаль: ICAO, 2002г.
10. OPS -Производство полетов воздушных судов. Том 1. Правила производства полетов. Том II. Построение схем визуальных полетов и полетов по приборам. -Монреаль: ICAO, 2003г.
11. Руководство по обучению в области человеческого фактора. Дос. 9683-AN/950. Издание 1-е. - Международная организация гражданской авиации (ICAO), Монреаль, 1998.
12. Руководство по управлению безопасностью полетов. Дос. 9859-AN/474.

Издание 3-е. - Международная организация гражданской авиации (ICAO), Монреаль, 2013.

13. Про затвердження Правил інженерно-авіаційного забезпечення державної авіації України. Наказ МО України 05.07.2016 № 343. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1101-16#Text>

14. Про допуск екіпажів та повітряних суден до перевезення керівного складу ДСНС України № 757 12.12.2013. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/3/7/7/6/2013-12-17-757.pdf>

15. Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України «Про затвердження Правил організації та виконання авіаційних робіт у сільському та лісовому господарстві» від 22 грудня 2006 р. № 1179 URL: https://vk24.ua/regulations_and_jurisprudence/nakazi/nakaz-ministerstva-transportu-ta-zvyazku-ukraini-pro-zatverdzhennya-pravil-organizacii-ta-vikonannya

Допоміжна

1. МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ. URL: https://www.mil.gov.ua/content/mou_orders/MOY26122016_717.pdf
2. Остаточний звіт. URL: <https://nbaai.gov.ua/wp-content/uploads/2021/04/mi-2-ur-15605.pdf>
3. Остаточний звіт. URL: <https://nbaai.gov.ua/wp-content/uploads/2020/05/ur-14118.pdf>
4. Інструкція з виконання польотів на злітно-посадковому майданчику «Коротич». URL: <https://aeroclub.net.ua/content/airdrome/instruction.pdf>

Текст лекції

1. Розрахунок польоту: початкові дані

1.1 Розрахунок польоту виконується в такому порядку:

- отримання початкових матеріалів для розрахунку;
- визначення максимально допустимої ваги для зльоту і посадки;
- визначення кількості палива, потрібного для виконання польотного завдання;
- визначення відстані і тривалості польоту;
- визначення комерційного навантаження;
- розрахунок центрування вертольоту.

1.2 Початковими даними для розрахунку польоту є:

- відстань по маршруту від аеродрому зльоту до аеродрому призначення;
- швидкість і напрям вітру на висоті по трасі польоту;
- фактична температура зовнішнього повітря, атмосферний тиск, напрям і швидкість вітру на аеродромах зльоту, метеоумови, що прогножуються на аеродромах призначення і запасних;
- вага пустого вертольота і його центрування за формуляром.

2. Розрахунок максимально-допустимої маси вертольота

2.1 Даними для розрахунку максимально-допустимої злітної (посадочної) маси вертольоту є:

- розміри злітно-посадочного майданчика і повітряних підходів до нього;
- барометрична висота майданчика;
- температура зовнішнього повітря;
- швидкість і напрям вітру.

2.2 Розміри майданчика і повітряних підходів до нього визначають вибір від зліту (посадки) і відповідно до нього вибір розрахункової номограми або розрахункової таблиці:

- для зліту (посадки) без використання впливу «повітряної подушки» (ВВПП) максимально-допустима маса розраховується за допомогою номограми (КЛЕ, 3.1.1, лист 2_{об}) або таблиці (КЛЕ, 3.1.1, лист 3);
- для зліту і посадки з ВВПП – номограма (КЛЕ, 3.1.1, лист 3_{об}) або таблиця (КЛЕ, 3.1.1, лист 4)

2.3 В тому разі, якщо дані о температурі і швидкості вітру на припущеному майданчику посадки розташованому в гірській місцевості (необладнаному) відсутні, то розрахунок виконується таким чином:

- швидкість вітру береться рівною 0 (штиль);
- температуру визначають по її стандартної зміні – 0,65°C на кожні 100 м висоти і до отриманого результату додають +4°C, якщо температура на аеродромі виліту менш, ніж +20°C, або +6°C, якщо температура на аеродромі виліту вище +20°C.

2.4 Розрахунок максимально-допустимої польотної маси ведеться за алгоритмом:

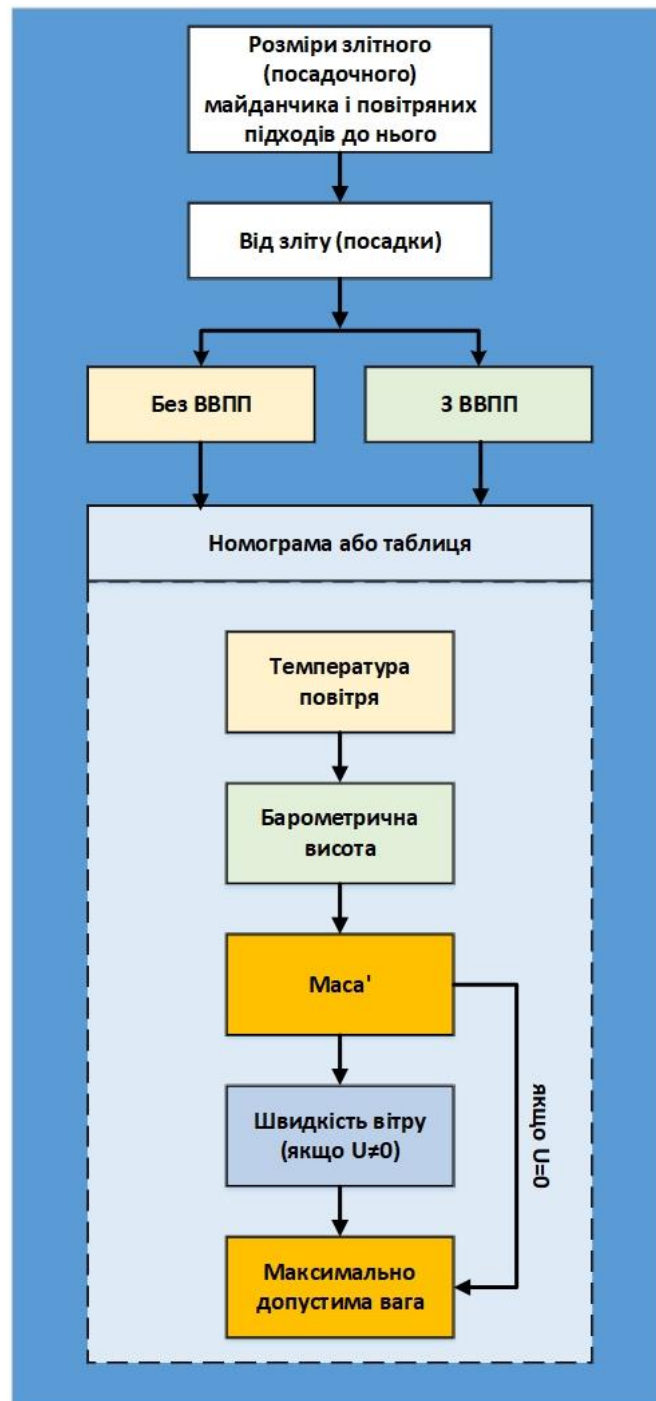


Рисунок 1. Алгоритм розрахунку максимально-допустимої ваги

УВАГА.:

1. Облік швидкості вітру береться по мінімальному значенню.
2. Якщо вектор швидкості вітру спрямований під кутом до траєкторії зліту чи посадки, то необхідно, щоб його складова, яка перпендикулярна траєкторії не перевищувала **5 м/с**
3. Перші польоти на майданчики в гірській місцевості з підбором з повітря

виконуються з вагою, яка розрахована по номограмі (КЛЕ, 3.1.1, лист 2) або таблиці (КЛЕ, 3.1.1, лист 3_{об}) і зменшена на **150 кг**.

2.5 Максимально-допустима польотна вага вертольота при виконанні польотів над водяними просторами розраховується так, щоб при підльоті до обрізу воду польотна вага забезпечував виконання горизонтального польоту у випадку відмови одного з двигунів (другий працює на зльотному режимі) при швидкості польоту **100...110 км/год**. При цьому польотна вага розраховується згідно з графіком (КЛЕ, 3.1.1, лист 5_{об}).

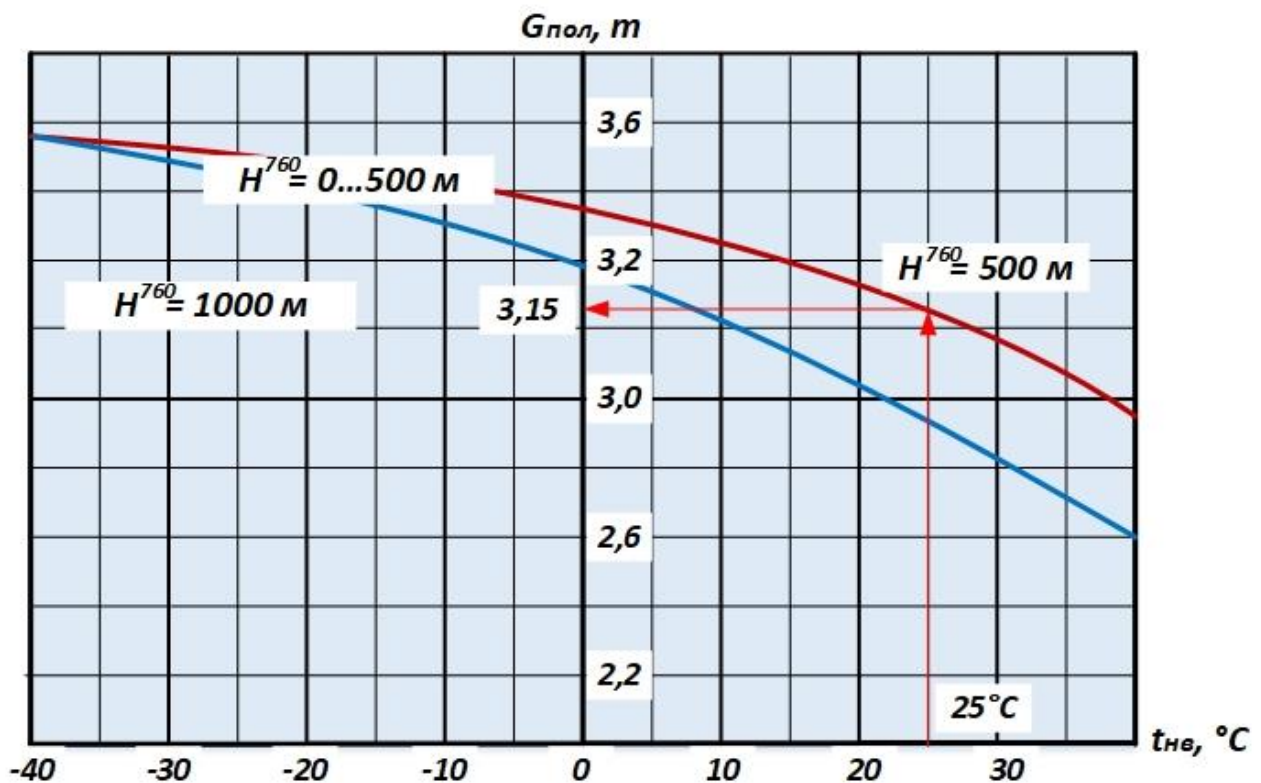


Рисунок 2. Залежність польотної ваги Ми-2 від температури зовнішнього повітря і барометричної висоти польоту при умові забезпечення горизонтального польоту з одним двигуном, який відмовив, а інший працює на зльотному режимі ($V_{пр}=100...110$ км/год).

2.6 Визначена по номограмам максимально-допустима вага перевіряється на висині перед зльотом, так як тяга у різних вертольотах на зльотному режимі роботи двигунів буває різною. Номограми і таблиці побудовані для тягових характеристик «стандартного вертольота». Тому, для оцінювання тягових характеристик конкретного вертольота потрібно періодично виконувати перевірку на режимі висіння на відповідність номограмам КЛЕ. Перевірка виконується згідно з КЛЕ 3.1.1. 10, листи 5а, 5б.

3. Розрахунок кількості палива

3.1 Кількість палива, яким необхідно заправляти вертоліт, залежить від максимально-допустимої ваги і величини комерційного навантаження.

Комерційне навантаження задається умовами польотного завдання.

Таким чином, кількість палива, яке необхідно заправити, визначається за формулою:

$$G_{\text{зап.пал}} = G_{\text{зл}} - G_{\text{незм}} - G_{\text{к.нав}},$$

де $G_{\text{зл}}$ - максимально-допустима злітна вага, яка визначена за допомогою номограми;

$G_{\text{к.нав}}$ - вага комерційного навантаження;

$G_{\text{незм}}$ - сума ваги пустого вертольота по формуляру, ваги мастила в двигунах і редукторах (40 кг), ваги пілота (80 кг).

Кількість палива, яке необхідно для польоту, повинно бути не менш, ніж:

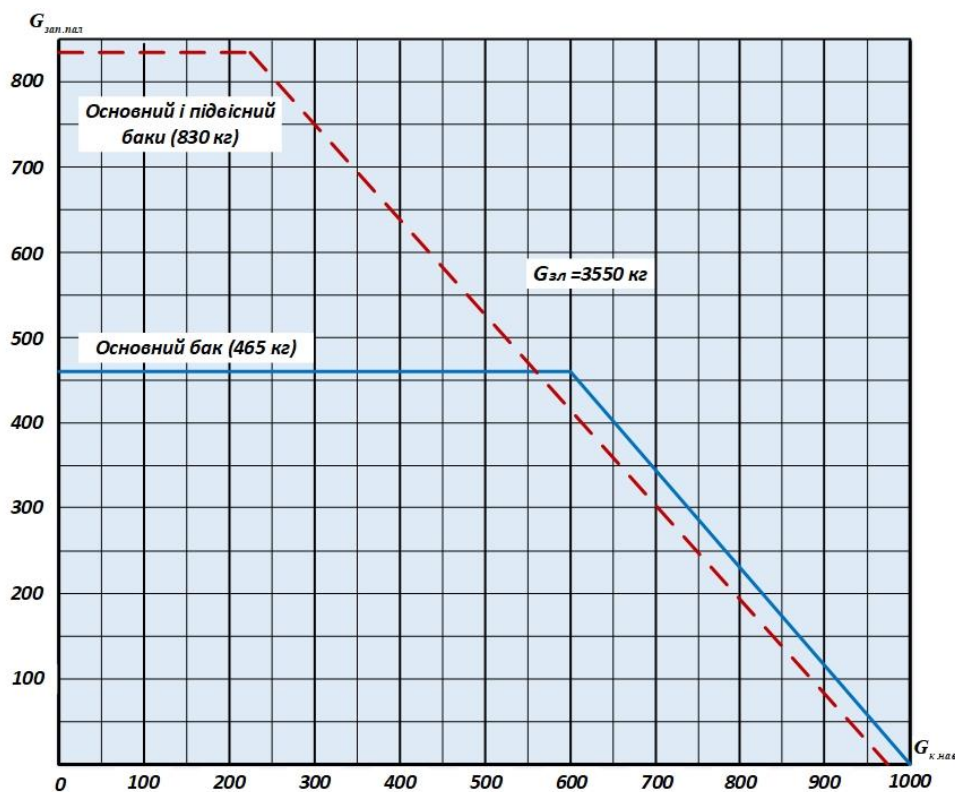
$$G_{\text{зап.пал}} = G_{\text{пал}} + G_{\text{нав.зап}} + G_{\text{зем}}$$

де $G_{\text{пал}}$ - кількість палива, необхідне для виконання польоту від зльоту до посадки;

$G_{\text{нав.зап}} = 110 \text{ кг}$ - навігаційний запас, потрібний для 30 мін польоту (згідно з НПП ГА-71);

$G_{\text{зем}} = 10 \text{ кг}$ - кількість палива, яке необхідно для запускання, прогріву і випробування двигунів на землі протягом 5 мін.

3.2 Якщо політ виконується з максимальною злітною вагою **3550** кг то величину палива, яке заправляється $G_{\text{пал}}$, в залежності від комерційного навантаження, може бути визначена по графіку (КЛЕ, 3.1.1, листи 6_{об}).



Рисунк 3. Залежність величини заправки від ваги комерційної ваги

(транспортний варіант)

3.3 Кількість палива, що заправляється, яке необхідно для польоту по маршруту від моменту зліту до посадки вертольота визначається по формулі:

$$G_{\Pi} = G_{\Pi.наб} + G_{\Pi.гп} + G_{\Pi.зн}$$

де - $G_{\Pi.наб}$ - кількість палива, яке потрібне для набору висоти, визначається по таблиці КЛЕ, 3.1.1, л.9;

$G_{\Pi.гп} = q \cdot S_{гп}$ - кількість палива, яке потрібно для горизонтального польоту (q – кілометрова витрата палива, рис.4, КЛЕ 3.1.1, л.8; $S_{гп}$ - горизонтальна ділянка польоту, км);

$G_{\Pi.зн}$ - кількість палива, яке потрібне для зниження, визначається по таблиці КЛЕ, 3.1.1, л.9;

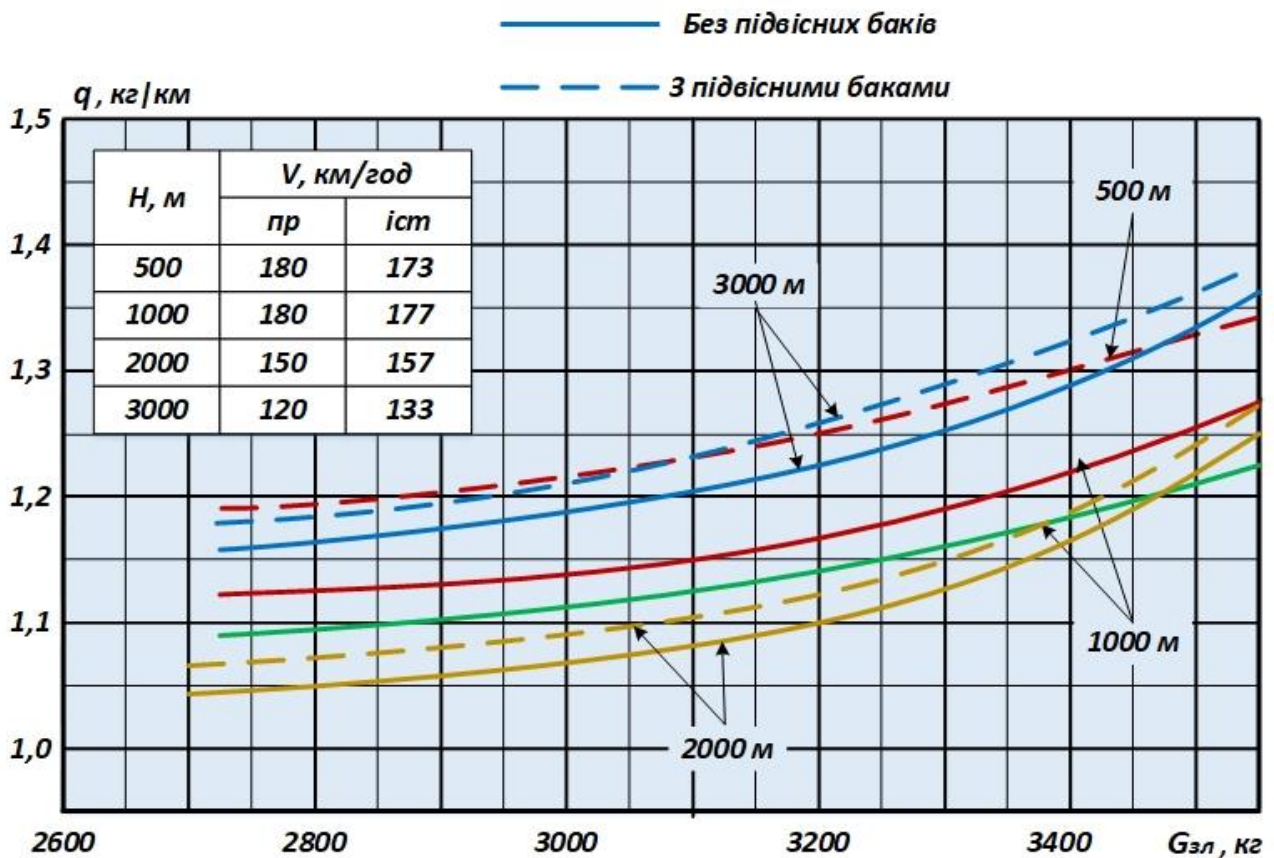


Рисунок 4. Залежність кілометрової витрати від ваги вертольота в транспортному варіанті

4. Розрахунок відстані і тривалості польоту

4.1 Відстань і тривалість польоту при заданому комерційному навантаженні залежить від запасу палива і від режиму польоту, тобто висотою польоту і приладовою швидкістю.

Навантаження і кількість палива визначають злітну вагу вертольота, яка не повинна перевищувати 3550 кг. Режим польоту визначається польотним

завданням. При цьому необхідно враховувати, що зі збільшенням висоти до 2000 м відстань польоту збільшується, а далі – зменшується.

Розрахунок відстані і тривалості виконується по ділянкам зльоту і набору висоти, горизонтального польоту, зниження і посадки.

4.2 Зліт і набір висоти: розрахунок шляху, часу польоту і витрати палива виконується у відповідності з таблицею (КЛЕ, 3.1.1, л.9):

Набір висоти, м	Швидкість польоту по приладу, км/год	Час набору висоти, мін	Відстань набору, км	Витрата палива, кг
0-500	110 (80)	2 (2,5)	5 (5)	9 (11)
0-1000	105 (80)	4 (5)	10 (10)	19 (23)
0-2000	95 (80)	11	15	42
0-3000	90 (80)	15	25	60
0-4000	80 (80)	25	45	103

4.3 Зниження і посадка: характеристики зниження і посадки приведені в таблиці (КЛЕ, 3.1.1, л.9):

Зниження з висоти, м	Швидкість польоту по приладу, км/год	Вертикальна швидкість, м/с	Час набору висоти, мін	Відстань набору, км	Витрата палива, кг
500-0	110 (80)	2-3	2 (2)	5 (5)	6 (6)
1000-0	105 (80)	2-3	6 (6)	10 (10)	11 (11)
2000-0	95 (80)	2-3	11	20	20
3000-0	90 (80)	2-3	15	30	27
4000-0	80 (80)	2-3	22	40	33

*) дані в таблицях вказані для стандартних умов для вертольотів зі злітною вагою 3550 кг. При зміні метеоумов і величини злітної ваги, характеристики набору і зниження можуть відрізнятися від табличних.

4.4 Горизонтальний політ: відстань польоту визначається по формулі:

$$S_{гп} = G_{п.гп} / q$$

де $G_{п.гп} = G_{зап.пал} - G_{нав.зап} - G_{зем} - G_{п.наб} - G_{п.зн} = G_{зап.пал} - G_{п.наб} - G_{п.зн} - 120 \text{ кг}$
Кілометрова витрата визначається по графікам (рис.4).

Приладові швидкості, на яких досягається найбільша відстань, показані в таблиці на рис.4., при польоті зі швидкостями, які менш, ніж вказані в таблиці, відстань польоту зменшується, а тривалість – збільшується. Максимальна тривалість польоту забезпечується на швидкості 90-100 км/год по приладу.

При виконанні польотів на вертольоті в транспортному варіанті з максимальною польотною вагою 3550 кг на висотах 500, 1000, 2000 і 3000 м відстань польоту може бути визначена по графікам КЛЕ, 3.1.1, лл. 10-12_{об}.

4.5 Розрахунок максимальної відстані рубіжу можливого повернення на аеродром вильоту або запасний аеродром:

$$S_{p.в} = \left(\frac{S_{штм}}{2} - L_p \right) \left[1 - \left(\frac{U_e}{V} \right)^2 \right]$$

де $S_{штм}$ - штильова відстань польоту з даним запасом палива;

L_p - довжина шляху при розвертанні на зворотний курс (км);

U_e - ходовий (або зустрічний) еквівалентний вітер на висоті польоту (км/год);

V - повітряна швидкість польоту (км/год).

5. Розрахунок комерційного завантаження

5.1 Якщо величина комерційного навантаження не завдана умовами польоту, то її можливо визначити за формулою:

$$G = G_{зл} - G_{незм} - G_{зап.пал}$$

де - $G_{зл}$ - максимально допустима вага, яка розрахована по номограмі, КЛЕ 3.1.1. 03;

$G_{зап.пал}$ - кількість палива, що заправляється – КЛЕ 3.1.1. 04;

$G_{незм}$ - незміна вага, яка включає в себе вагу вертольоту по формуляру, і вагу постійного навантаження – додаткове обладнання, яке установлюється на вертолiт, вагу мастила в редукторах і двигунах (40 кг), вагу пілота (80 кг).

Якщо політ виконується з максимальною польотною вагою (**3550** кг), то комерційне навантаження в залежності від заправленого палива, може буде визначена по графіку КЛЕ 3.1.1, лл.6_{об}, 7).

6. Розрахунок центрівки і завантаження вертольоту

Після визначення максимально допустимої ваги вертольоту, ваги заправленого палива і ваги комерційного навантаження виконують розрахунок злітного і посадкового центрування вертольоту.

Посадкове центрування вертольоту визначають з урахуванням витраченого за час польоту палива – витрата палива зміщує центрування вперед.

Розрахунок центрування виконується за допомогою центрувального графіка (КЛЕ, 3.1.1. 08, лл.13_{об}-15).

7. Перед польотний огляд вертольоту

Перед польотний огляд вертольоту виконується згідно з КЛЕ 3.2.1 02 лл.16_{об} -18 за схемою: «носова частина фюзеляжу – ліва частина фюзеляжу – права частина фюзеляжу – кабіна пілота»

8. Підготовка кабіни до запуску двигунів

Після перевірки необхідної бортової документації, заправки ПММ, готовності стоянки вертольоту до запуску і виконання зовнішнього огляду, приступають до підготуванню робочого місця до запуску згідно з КЛЕ 3.2.1. 03.

9. Запуск двигунів

Експлуатаційні обмеження – КЛЕ 7.3.1 02

Техніка запуску двигунів – згідно з КЛЕ 7.3.1. 03, лл.18-21

10. Перевірка систем і обладнання, вимкнення двигунів

Перевірка систем і обладнання:

- 7.3.1 03 лл.20_{об}-22 (двигуни та головний редуктор);
- 7.3.1 03 л.7 (гідросистема),
- 7.3.3 03 л.30_{об} (маслосистема),
- 7.4.1 03 л.33_{об} (протипожежна система),
- 7.5.1 03 лл.36_{об}-37_{об} (ПОС);
- 7.6.1 03 лл.41_{об}-45 (електрообладнання)

Вимкнення двигунів – КЛЕ 7.3.1 03, лл.22_{об}-23