

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3 – ПрП(АЕГ)-120, Пдср-22-16 (ПЗ-7.1; ПКЕЗ № 3 за темами 5,6 і 7)

ТЕМА ЗАНЯТТЯ: 1 Фізична сутність виникнення результуючої аеродинамічної сили і повного аеродинамічного моменту.

2 Сутність лобового опору і його складових частин для профілю і крила.

3 Аналіз аеродинамічної якості і полярних діаграм I і II роду.

МЕТА ЗАНЯТТЯ: 1 Закріплення теоретичних знань щодо сутності впливу геометричних характеристик профілю і кінематичних параметрів потоку на аеродинамічні характеристики профілю.

2 Розкриття фізичної сутності центру тиску, аеродинамічного фокусу профіля крила і параболі стійкості.

3 Розкриття фізичної сутності виникнення лобового опору і аналіз складових частин лобового опору профіля і крила.

План заняття

1 Проведення усного опитування за темами 5,6 і 7.

2 Показ навчальних фільмів:

2.1 Аеродинаміка крила. Фрагмент 8.: “Підйомна сила крила” - (7.2.1.8) – 2 хв. 51с.

2.2 Аеродинаміка крила. Фрагмент 9.: “Вихрова система крила. Сучасні форми крил” - (7.2.1.9) – 5 хв. 28 с.

3 Розв’язок типових задач.

4 Виконання письмового контрольного експрес-завдання № 3 (30 хв).

Порядок проведення заняття

I Теоретична частина заняття

I.1 Питання для усного опитування

1 Охарактеризувати поняття: геометрична, аеродинамічна і конічна крутки несучих поверхонь.

2 Характеристика основних системи координат, які використовуються в Аерогідрогазодинаміці, визначення кута атаки і кута ковзання.

3 Поняття аеродинамічного центру тиску, аеродинамічного фокусу і параболі стійкості профіля крила.

4 Поняття про середню аеродинамічну хорду крила і методику визначення місця її розташування на крилі та розміру.

- 5 Опір тиску, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила.
- 6 Опір тертя, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила.
- 7 Сутність індуктивного опору, вплив на його розмір кінематичних і геометричних параметрів профілю крила.
- 8 Сутність хвильового опору, залежність його від числа Маха.
- 9 Поняття про аеродинамічну якість профілю і її залежність від кута атаки.
- 10 Поняття про полярну діаграму I роду і особливості її побудови.
- 11 Поняття про підсмоктувальну силу профілю крила і фізичну сутність її виникнення.
- 12 Полярна діаграма II роду і особливості її побудови.
- 13 Поняття про керуємі поверхні крила, фактори і способи, що впливають на несучі властивості крила.

I.2 Перелік питань до письмового контрольного експрес-завдання

- 1 Призначення і сутність несучих поверхонь ЛА, характеристика геометричних параметрів крила: *подовження, звуження, кут стріловидності, кут поперечної “V-подібності”, кут установки перерізу крила.*
- 2 Охарактеризувати поняття: *геометрична, аеродинамічна і кінчна крутки несучих поверхонь.*
- 3 Охарактеризувати основні геометричні параметри профілю несучих поверхонь: *хорда, товщина, кривизна, середня лінія профілю, відносні координати максимальної товщини і кривизни профілю.*
- 4 Дати характеристику формам несучих поверхонь в плані і видам профілів перерізів крила.
- 5 Дати визначення середньої аеродинамічної хорди крила і її сутності, охарактеризувати геометричний метод визначення місця розташування і розміру САХ.
- 6 Охарактеризувати основні системи координат, які використовуються в аерогідрогазодинаміці, дати визначення кута атаки і кута ковзання.
- 7 Розкрити поняття: *аеродинамічний центр тиску, аеродинамічний фокус і парабола стійкості.*

- 8 Сутність виникнення результуючої (повної) аеродинамічної сили і вплив на її розмір і просторове положення геометричних, кінематичних і фізичних параметрів.
- 9 Проекції результуючої аеродинамічної сили на вісі швидкісної і зв'язаної систем координат, їх сутність і охарактеризувати назву її складових.
- 10 Алгоритм перерахунку проекцій повної аеродинамічної сили з швидкісної на зв'язану систему координат і навпаки.
- 11 Сутність виникнення результуючого аеродинамічного моменту, його проекції на вісі систем координат, їх назва і правило знаків.
- 12 Вплив геометричних параметрів профілю і параметрів потоку на протікання графіку залежності $C_{ya}(\alpha)$.
- 13 Сила лобового опору, сутність профільного опору.
- 14 Опір тиску, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила.
- 15 Опір тертя, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила.
- 16 Сутність індуктивного опору, вплив на його розмір кінематичних і геометричних параметрів профілю крила.
- 17 Сутність хвильового опору, залежність його від числа Маха.
- 18 Характеристика залежності коефіцієнта лобового опору від кута атаки в швидкісній і зв'язаній системах координат, сутність підсмоктувальної сили.
- 19 Вплив стисливості середовища на аеродинамічні характеристики профіля крила.
- 20 Поняття про аеродинамічну якість профілю і її залежність від кута атаки.
- 21 Поняття про полярну діаграму I роду і особливості її побудови.
- 22 Поняття про відсмоктувальну силу профілю крила і фізичну сутність її виникнення.
- 23 Полярна діаграма II роду і особливості її побудови.
- 24 Поняття про керуємі поверхні крила, фактори і способи, що впливають на несучі властивості крила.
- 25 Вплив щитків і закрилків на протікання залежностей $C_{ya}=f(\alpha)$.
- 26 Характеристика аеродинамічних перегородок, запилів і турбулізаторів, їх вплив на аеродинамічні характеристики крила.

II Практична частина заняття

II.1 Перелік задач до контрольного експрес-завдання № 3

1 Задачі - 5.1.1:

- 1 *Визначити середню аеродинамічну хорду крила, подовження, звуження і площу стрілоvidного крила ЛА, якщо координати правої консолі крила складають: $x_1 = 0$, $y_{1n} = 6$ м, $y_{1z} = 2$ м; $x_2 = 8$ м, $y_{2n} = 3$ м, $y_{2z} = 1$ м, а також товщину профілю в кінці крила, якщо погонна зміна товщини профілю по розмаху крила складає 20 мм/м, а товщина профілю в кореновому перерізі рівняється 150 мм.*
- 2 *Стрілоvidне крило має кореневу хорду 400 см, кінцеву хорду 0,7 м, розмах правої консолі складає 15 м. Кут установки крила в кореновому перерізі складає 10° , погонна зміна кута установки крила по розмаху складає 0,5 град/м. Визначити подовження крила і кути установки в перерізах 5 і 10 м.*
- 3 *Трикутне крило має кореневу хорду 4000 мм, розмах правої консолі 900 см. В кореновому перерізі відхилення носка профілю рівняється 0° , погонне відхилення кута носка профілю по розмаху крила складає 1 град/м. Визначити подовження крила, площу крила і кут відхилення носка профіля в перерізах 5 і 9 м.*

2 Задача - 5.2.1:

- 1 *Визначити підйомну силу і силу лобового опору профіля крила, якщо результуюча аеродинамічна сила $R_a = 15$ Тс, кут якості становить $\theta = 30^\circ$. За визначеними підйомною силою Y_a і силою лобового X_a визначити нормальну силу Y і повздожну силу X в зв'язаній системі координат, якщо кут атаки $\alpha = 10^\circ$.*

3 Задача - 5.2.2:

- 1) *Визначити повний аеродинамічний момент і коефіцієнти аеродинамічних моментів нахилу, рискання і тангажу, якщо момент тангажу рівняється 25 Тс м, момент нахилу – 5 Тс м і момент рискання – 10 Тс м, розмах крила рівняється 40 м, середня аеродинамічна хорда крила рівняється 2 м, швидкість повітряного потоку рівняється 680 км/год, масова густина повітря рівняється 1,225 кг/м³.*

4 Задачі - 5.2.3:

- 1 *Визначити результуючу аеродинамічну силу R_a і аеродинамічні коефіцієнти підйомної сили і лобового опору, якщо підйомна сила*

рівняється 12 Тс , а сила лобового опору 3 Тс , площа крила рівняється 30 м^2 , масова густина повітря рівняється $1,225 \text{ кг/м}^3$, швидкість повітряного потоку рівняється 720 км/год .

- 2 Визначити швидкість польоту літака і швидкісний тиск, якщо число Маха на висоті 8 км рівняється $0,65$, а також коефіцієнт підйомної сили, якщо підйомна сила рівняється 25 Тс , а площа крила рівняється 36 м^2 .
- 3 Визначити швидкість польоту літака, швидкість звуку і швидкісний тиск, при польоті з числом Маха $0,6$ на висоті 5 км , а також підйомну силу крила, якщо коефіцієнт підйомної сили рівняється $0,9$, а площа крила – 60 м^2 .
- 4 Визначити повну аеродинамічну силу, що діє на літак на висоті 4000 м , якщо при числі Маха $0,6$ коефіцієнт підйомної сили складає $0,75$, а коефіцієнт лобового опору – $0,15$, площа крила рівняється 105 м^2 .
- 5 Визначити числа Маха, Рейнольдса і швидкісний тиск, якщо літак летить на висоті де температура складає $t_n = \text{мінус } 45^\circ \text{ С}$, температура на землі $t_0 = \text{плюс } 15^\circ \text{ С}$, швидкість польоту $V = 880 \text{ км/год}$. Коефіцієнт кінематичної в'язкості складає $\nu_n = 32 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, хорда крила $b = 2 \text{ м}$.

5 Задачі - 5.2.4:

- 1 Підйомна сила крила нескінченного розмаху площею $S = 150 \text{ м}^2$ при $\alpha_1 = 0,0434 \text{ рад}$ і швидкості польоту $V_1 = 880 \text{ км/год}$ коло землі рівняється $Y_a = 17760 \text{ Н}$, похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки профілю рівняється $C_{ya}^a = 4,8 \text{ }^1/\text{град}$.. Визначити коефіцієнт підйомної сили C_{ya} і кут атаки нульової підйомної сили α_0 .
- 2 Визначити розмір швидкісного тиску повітряного потоку на висотах 1 і 5 км , якщо швидкість польоту літака рівняється 350 км/год ., а також підйомну силу і силу лобового опору літака, якщо коефіцієнти підйомної сили і сили опору рівнюються $1,2$ і $0,25$, відповідно, площа крила рівняється 50 м^2 .
- 3 Визначити швидкість польоту літака, швидкість звуку і швидкісний тиск, при польоті з числом Маха $0,6$ на висоті 5 км , а також підйомну силу крила, якщо коефіцієнт підйомної сили рівняється $0,9$, а площа крила - 60 м^2 .
- 4 Визначити повну аеродинамічну силу, що діє на літак на висоті 4000 м , якщо при числі Маха $0,6$ коефіцієнт підйомної сили складає

0,75, а коефіцієнт лобового опору – **0,15**, площа крила рівняється **105 м²**.

- 5** Визначити числа Маха, Рейнольдса і швидкісний тиск, якщо літак летить на висоті де температура складає $t_n = \text{мінус } 45^{\circ} \text{ C}$, температура на землі $t_0 = +15^{\circ} \text{ C}$, швидкість польоту $V = 880 \text{ км/год}$. Коефіцієнт кінематичної в'язкості складає $\nu_n = 32 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, хорда крила $b = 2 \text{ м}$.
- 6** Підйомна сила крила нескінченного розмаху площиною $S = 150 \text{ м}^2$ при $\alpha_1 = 0,0434 \text{ рад}$ і швидкості польоту $V_1 = 880 \text{ км/год}$ коло землі рівняється $Y_a = 17760 \text{ Н}$, похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки профілю рівняється $C_{ya}^a = 4,8 \text{ }^1/\text{град}$.. Визначити коефіцієнт підйомної сили C_{ya} і кут атаки нульової підйомної сили α_0 .

6 Задач - 6.1.1:

- 1** Визначити коефіцієнт опору тиску і силу опору тиску, якщо відносний тиск перед профілем рівняється **0,015**, а за профілем – **0,007**, площа міделевого перерізу складає **1,5 м²**, площа поверхні профілю – **2 м²**, швидкість повітряного потоку **360 км/год**, площа крила рівняється **40 м²**, висота польоту – **1000 м**.

7 Задача - 6.1.2:

- 1)** Визначити коефіцієнт опору тертя і силу опору тертя, якщо число Рейнольдса рівняється **2300**, площа поверхні плоскої пластини – **0,5 м²**, площі поверхні профіля **1,0 м²**, площа крила **40 м²**, політ літака здійснюється на висоті **1000 м** на швидкості **480 км/год**.

8 Задачі - 6.1.3:

- 1)** Визначити коефіцієнт індуктивного опору і силу індуктивного опору, якщо коефіцієнт підйомної сили рівняється **1,25**, середня аеродинамічна хорда крила рівняється **120 см**, розмах крила – **25 м**, політ здійснюється на висоті **2000 м** з швидкістю – **480 км/год**.
- 2)** Визначити коефіцієнт лобового опору і силу лобового опору, якщо коефіцієнт лобового опору при $C_{ya} = 0$ рівняється **0,085**, подовження крила – **8**, коефіцієнт підйомної сили рівняється **0,9**, площа крила – **36 м²**, політ здійснюється на висоті **1000 м** з швидкістю – **540 км/год**.
- 3)** Визначити коефіцієнт індуктивного опору, силу індуктивного опору і підсасуючу силу, якщо політ виконується на висоті **1000 м** з

швидкістю **540 км/год**, кут атаки **6°**, коефіцієнт підйомної сили рівняється **1,2**, площа крила **50 м²**, подовження крила – **10**.

9 Задачі - 6.1.5:

- 1** Визначити аеродинамічний коефіцієнт і силу хвильового опору, якщо критичне число Маха рівняється **0,7**, число Маха незбуреного потоку - **0,85**, коефіцієнт впливу форми профілю на розмір хвильового опору рівняється **9**, політ здійснюється на висоті **1000 м**, площа крила **45 м²**.
- 2** Визначити підйомну силу, силу лобового опору і результуючу аеродинамічну силу літака при польоті з швидкістю при числі Маха **$M = 0,5$** на висоті **2000 м**, якщо аеродинамічні коефіцієнти **$C_{ya} = 0,8$** , а **$C_{xa} = 0,005 + 0,3 \cdot C_{ya}$** , площа крила **$S = 50 \text{ м}^2$** .
- 3** Коефіцієнт лобового опору літака при виготовленні на заводі складав **$C_{xa,1} = 0,019$** . В процесі експлуатації і ремонту обшивки фюзеляжу літака коефіцієнт опору збільшився до **$C_{xa,2} = 0,021$** . Визначити на скільки збільшилась сила опору літака в польоті на висоті **$H = 6000 \text{ м}$** при швидкості **$V = 640 \text{ км/год.}$** , площа крила **$S = 140 \text{ м}^2$** .

10 Задачі - 7.1.1:

- 1** Визначити аеродинамічні коефіцієнти підйомної сили, сили лобового опору і аеродинамічну якість, якщо похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки рівняється **$5 \text{ }^1/\text{град}$** , кут атаки – **0,17 рад.**, первинний кут атаки рівняється **мінус 0,035 рад**, коефіцієнт повздожної сили рівняється **0,002**.
- 2** При куті атаки **15°** без ковзання коефіцієнти аеродинамічних сил рівняються: підйомної сили – **1,99**, а лобового опору – **0,465**. Визначити коефіцієнт аеродинамічної якості і коефіцієнти нормальної і повздожної сил в зв'язаній системі координат, а також розмір нормальної сили на висоті **1000 м** при швидкості **300 км/год** і площині несучої поверхні **70 м²**.

11 Задачі - 7.1.2:

- 1** Визначити повну аеродинамічну силу, що виникає на літаку в польоті, якщо при числі Маха **$M = 0,75$** , коефіцієнт **$C_{ya} = 0,35$** , висота польоту **500 м**, поляра описується рівнянням **$C_{xa} = 0,021 - 0,03C_{ya} + 0,102C_{ya}^2$** , площа крила **$S = 115 \text{ м}^2$** .

- 2 При куті атаки $\alpha = 20^\circ$ без ковзання, коефіцієнти аеродинамічних сил мають значення $C_{xa} = 0,465$ і $C_{ya} = 1,99$. Визначити коефіцієнт аеродинамічної якості K , коефіцієнти повздовжньої сили C_x і нормальної сили C_y , а також нормальну силу на висоті $H = 0$ м, при швидкості $V = 500$ км/год і площині несучої поверхні $S = 88$ м².
- 3 При куті атаки $\alpha = 15^\circ$ без ковзання, коефіцієнти аеродинамічних сил мають значення $C_{xa} = 0,55$ і $C_{ya} = 2,05$. Визначити коефіцієнти продольної сили C_x і нормальної сили C_y , результуючий коефіцієнт аеродинамічних сил C_{Ra} та коефіцієнт аеродинамічної якості K .
- 4 Визначити аеродинамічну якість і швидкість польоту літака, якщо коефіцієнти аеродинамічних сил рівняються $C_{ya} = 0,6$ і $C_{xa} = 0,015 - 0,02C_{ya} + 0,11C_{ya}^2$, число Маха рівняється $M = 0,8$ на висоті $H = 10000$ м.
- 5 В польоті літака з кутом атаки крила $\alpha = 0,07$ рад., коефіцієнт підйомної сили $C_{ya} = 0,6$. Визначити кут атаки нульової підйомної сили α_0 , якщо похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки рівняється $C_{ya}^\alpha = 5,3$ 1/град., а також аеродинамічну якість, якщо коефіцієнт лобового опору рівняється $C_{xa} = 0,015 + 0,03C_{ya}^2$.
- 6 Визначити аеродинамічну якість і швидкість польоту літака, якщо коефіцієнти аеродинамічних сил рівняються $C_{ya} = 0,7$ і $C_{xa} = 0,015 - 0,02C_{ya} + 0,11C_{ya}^2$, число Маха рівняється $M = 0,7$ на висоті $H = 8000$ м.

12 Задачі - 7.2.1:

- 1) Визначити мінімальну посадкову швидкість літака з посадковою вагою 100 Тс, якщо похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки рівняється $C_{ya}^\alpha = 4,8$ 1/град., критичний кут атаки $\alpha_{кр} = 15^\circ$, кут атаки при нульовій підйомній силі $\alpha_0 = \text{мінус } 2^\circ$, висота знаходження аеродрому $H = 1000$ м, площа крила складає 120 м².
- 2) Визначити максимальну посадкову вагу літака на аеродромі, що знаходиться на висоті 1500 м, якщо похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки рівняється $C_{ya}^\alpha = 5,4$ 1/град., критичний кут атаки $\alpha_{кр} = 20^\circ$, кут атаки при нульовій підйомній силі $\alpha_0 = -4^\circ$, площа крила рівняється 200 м², посадкова швидкість $V = 170$ км/год.

Рекомендована література

6.1.1-61...103; 6.1.2-197...209, 223...234, 298...315; 6.1.3-37...60, 90...100;
6.1.4-48...108, 133...144; 6.1.8-67...86.

Варіанти завдань письмового контрольного експрес-завдання № 3 (АЕГ-120, Підср-21-16)

Варіант № 1- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Підср-22-16

- 1 Призначення і сутність несучих поверхонь ЛА, характеристика геометричних параметрів крила: *подовження, звуження, кут стрілоподібного і кут поперечної “V-подібності”, кут установки перерізу крила.*
- 2 Опір тиску, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила.
- 3 *Визначити середню аеродинамічну хорду крила, подовження, звуження і площу стріловидного крила ЛА, якщо координати правої консолі крила складають: $x_1 = 0$, $y_{1n} = 6\text{м}$, $y_{1z} = 2\text{м}$; $x_2 = 8\text{м}$, $y_{2n} = 3\text{м}$, $y_{2z} = 1\text{м}$, а також товщину профілю в кінці крила, якщо погонна зміна товщини профілю по розмаху крила складає мінус 20 мм/м, а товщина профілю в кореновому перерізі рівняється 150 мм.*

Варіант № 2- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Підср-22-16

- 1 Охарактеризувати поняття: *геометрична, аеродинамічна і кінцева крутки несучих поверхонь.*
- 2 Опір тертя, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила.
- 3 *Стріловидне крило має кореневу хорду 400 см, кінцеву хорду 0,7 м, розмах правої консолі складає 15 м. Кут установки крила в кореновому перерізі складає 10° , погонна зміна кута установки крила по розмаху складає мінус 0,5 град/м. Визначити подовження крила і кути установки в перерізах 5 і 10 м.*

Варіант № 3- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Підср-22-16

- 1 Охарактеризувати основні геометричні параметри профілю несучих поверхонь: хорда, товщина, кривизна, середня лінія профілю, відносні координати максимальної товщини і кривизни профілю.

- 2 Сутність індуктивного опору, вплив на його розмір кінематичних і геометричних параметрів профілю крила.
- 3 Трикутне крило має кореневу хорду **4000 мм**, розмах правої консолі **900 см**. В корневому перерізі відхилення носка профілю рівняється **0°** , погонне відхилення кута носка профілю по розмаху крила складає **мінус 1° /м**. Визначити подовження крила, площу крила і кут відхилення носка профіля в перерізах **5 і 9 м**.

Варіант № 4- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Подср-22-16

- 1 Дати характеристику формам несучих поверхонь в плані і видам профілів перерізів крила.
- 2 Сутність хвильового опору, залежність його від числа Маха.
- 3 Визначити підйомну силу і силу лобового опору профіля крила, якщо результуюча аеродинамічна сила **$R_a = 15 \text{ Тс}$** , кут якості становить **$\theta = 30^\circ$** . За визначеними підйомною силою **Y_a** і силою лобового опору **X_a** визначити нормальну **Y** і повздовжню сили **X** в зв'язаній системі координат, якщо кут атаки **$\alpha = 10^\circ$** .

Варіант № 5- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Подср-22-16

- 1 Дати визначення середньої аеродинамічної хорди крила і її сутності, охарактеризувати геометричний метод визначення місця розташування і розміру САХ.
- 2 Характеристика залежності коефіцієнта лобового опору від кута атаки в швидкісній і зв'язаній системах координат, сутність підсмоктувальної сили.
- 3 Визначити результуючу аеродинамічну силу **R_a** і аеродинамічні коефіцієнти підйомної сили і лобового опору, якщо підйомна сила рівняється **12 Тс**, а сила лобового опору **3 Тс**, площа крила рівняється **30 м^2** , масова густина повітря рівняється **$1,225 \text{ кг/м}^3$** , швидкість повітряного потоку рівняється **720 км/год**.

Варіант № 6- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Подср-22-16

- 1 Охарактеризувати основні системи координат, які використовуються в аерогідрогазодинаміці, дати визначення кута атаки і кута ковзання.
- 2 Вплив стисливості середовища на аеродинамічні характеристики профіля крила.

- 3 Визначити повний аеродинамічний момент і коефіцієнти аеродинамічних моментів нахилу, ристання і тангажу, якщо момент тангажу рівняється **25 Тс м**, момент нахилу – **5 Тс м** і момент ристання – **10 Тс м**, розмах крила рівняється **40 м**, середня аеродинамічна хорда крила рівняється **2 м**, швидкість повітряного потоку рівняється **680 км/год**, масова густина повітря рівняється **1,225 кг/м³**.

Варіант № 7- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Розкрити поняття: аеродинамічний центр тиску, аеродинамічний фокус і параболу стійкості.
- 2 Поняття про аеродинамічну якість профілю і її залежність від кута атаки.
- 3 Визначити швидкість польоту літака і швидкісний тиск, якщо число Маха на висоті **8 км** рівняється **0,65**, а також коефіцієнт підйомної сили, якщо підйомна сила рівняється **25 Тс**, а площа крила рівняється **36 м²**.

Варіант № 8- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Сутність виникнення результуючої (повної) аеродинамічної сили і вплив на її розмір і просторове положення геометричних, кінематичних і фізичних параметрів.
- 2 Поняття про полярну діаграму I роду і особливості її побудови.
- 3 Визначити швидкість польоту літака, швидкість звуку і швидкісний тиск, при польоті з числом Маха **0,6** на висоті **5000 м**, а також підйомну силу крила, якщо коефіцієнт підйомної сили рівняється **0,9**, а площа крила – **60 м²**.

Варіант № 9- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Проекції результуючої аеродинамічної сили на вісі швидкісної і зв'язаної систем координат, їх сутність і охарактеризувати назву її складових.
- 2 Поняття про відсмоктувальну силу профілю крила і фізичну сутність її виникнення.

- 3 Визначити повну аеродинамічну силу, що діє на літак на висоті **4000 м**, якщо при числі Маха **0,6** коефіцієнт підйомної сили складає **0,75**, а коефіцієнт лобового опору – **0,15**, площа крила рівняється **105 м²**.

Варіант № 10- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Алгоритм перерахунку проєкцій повної аеродинамічної сили з швидкісної на зв'язану систему координат і навпаки.
- 2 Полярна діаграма II роду і особливості її побудови.
- 3 Визначити числа Маха, Рейнольдса і швидкісний тиск, якщо літак летить на висоті де температура складає $t_n = \text{мінус } 45^\circ\text{C}$, температура на землі $t_0 = +15^\circ\text{C}$, швидкість польоту $V = 880 \text{ км/год}$. Коефіцієнт кінематичної в'язкості складає $\nu_n = 32 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, хорда крила $b = 200 \text{ см}$.

Варіант № 11- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Сутність виникнення результуючого аеродинамічного моменту, його проєкції на вісі систем координат, їх назва і правило знаків.
- 2 Поняття про керуємі поверхні крила, фактори і способи, що впливають на несучі властивості крила.
- 3 Підйомна сила крила нескінченного розмаху площиною $S = 150 \text{ м}^2$ при $\alpha_1 = 0,0434 \text{ рад}$ і швидкості польоту $V_1 = 880 \text{ км/год}$ коло землі рівняється $Y_a = 17760 \text{ Н}$, похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки профілю рівняється $C_{ya}^a = 4,8 \text{ } ^1/\text{град}$.. Визначити коефіцієнт підйомної сили C_{ya} і кут атаки нульової підйомної сили α_0 .

Варіант № 12- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Вплив геометричних параметрів профілю і параметрів потоку на протікання графіку залежності $C_{ya}(\alpha)$.
- 2 Характеристика аеродинамічних перегородок, запилів і турбулізаторів, їх вплив на аеродинамічні характеристики крила.
- 3 Визначити розмір швидкісного тиску повітряного потоку на висотах **1** і **5 км**, якщо швидкість польоту літака рівняється **350 км/год.**, а також підйомну силу і силу лобового опору літака, якщо коефіцієнти підйомної сили і сили опору рівняються **1,2** і **0,25**, відповідно, площа крила рівняється **50 м²**.

Варіант № 13- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Підср-22-16

- 1 Сила лобового опору, сутність профільного опору.
- 2 Вплив щитків і закрилків на протікання залежностей $C_{ya} = f(\alpha)$.
- 3 Визначити коефіцієнт опору тиску і силу опору тиску, якщо відносний тиск перед профілем рівняється **0,015**, а за профілем – **0,007**, площа міделєвого перерізу складає **1,5 м²**, площа поверхні профілю – **2 м²**, швидкість повітряного потоку **360 км/год**, площа крила рівняється **40 м²**, висота польоту – **1000 м**.

Варіант № 14- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Підср-22-16

- 1 Характеристика аеродинамічних перегородок, запилів і турбулізаторів, їх вплив на аеродинамічні характеристики крила.
- 2 Призначення і сутність несучих поверхонь ЛА, характеристика геометричних параметрів крила: подовження, звуження, кут стріловидності, кут поперечної “**V-подібності**”, кут установки перерізу крила.
- 3 Визначити коефіцієнт опору тертя і силу опору тертя, якщо число Рейнольдса рівняється **2300**, площа поверхні плоскої пластини – **0,5 м²**, площі поверхні профіля **1,0 м²**, площа крила **40 м²**, політ літака здійснюється на висоті **1000 м** на швидкості **480 км/год**.

Варіант № 15- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Підср-22-16

- 1 Вплив щитків і закрилків на протікання залежностей $C_{ya} = f(\alpha)$.
- 2 Охарактеризувати поняття: геометрична, аеродинамічна і конічна крутки несучих поверхонь.
- 3 Визначити коефіцієнт індуктивного опору і силу індуктивного опору, якщо коефіцієнт підйомної сили рівняється **1,25**, середня аеродинамічна хорда крила рівняється **120 см**, розмах крила – **25 м**, політ здійснюється на висоті **2000 м** з швидкістю – **480 км/год**.

Варіант № 16- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Підср-22-16

- 1 Поняття про керуємі поверхні крила, фактори і способи, що впливають на несучі властивості крила.
- 2 Охарактеризувати основні геометричні параметри профілю несучих поверхонь: хорда, товщина, кривизна, середня лінія профілю, відносні координати максимальної товщини і кривизни профілю.

- 3 Визначити коефіцієнт лобового опору і силу лобового опору, якщо коефіцієнт лобового опору при $C_{ya} = 0$ рівняється **0,085**, подовження крила – **8**, коефіцієнт підйомної сили рівняється **0,9**, площа крила – **36 м²**, політ здійснюється на висоті **1000 м** з швидкістю – **540 км/год**.

Варіант № 17- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Полярна діаграма II роду і особливості її побудови.
- 2 Дати характеристику формам несучих поверхонь в плані і видам профілів перерізів крила.
- 3 Визначити коефіцієнт індуктивного опору, силу індуктивного опору і підсмоктувальну силу, якщо політ виконується на висоті **1000 м** з швидкістю **540 км/год**, кут атаки **6°**, коефіцієнт підйомної сили рівняється **1,2**, площа крила **50 м²**, подовження крила – **10**.

Варіант № 18- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Поняття про відсмоктувальну силу профілю крила і фізичну сутність її виникнення.
- 2 Дати визначення середньої аеродинамічної хорди крила і її сутності, охарактеризувати геометричний метод визначення місця розташування і розміру САХ.
- 3 Визначити аеродинамічний коефіцієнт і силу хвильового опору, якщо критичне число Маха рівняється **0,7**, число Маха незбуреного потоку – **0,85**, коефіцієнт впливу форми профілю на розмір хвильового опору рівняється **9**, політ здійснюється на висоті **1000 м**, площа крила **45 м²**.

Варіант № 19- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Поняття про полярну діаграму I роду і особливості її побудови.
- 2 Охарактеризувати основні системи координат, які використовуються в аерогідрогазодинаміці, дати визначення кута атаки і кута ковзання.
- 3 Визначити підйомну силу, силу лобового опору і результуючу аеродинамічну силу літака при польоті з швидкістю при числі Маха **M = 0,5** на висоті **2000 м**, якщо аеродинамічні коефіцієнти $C_{ya} = 0,8$, а $C_{xa} = 0,005 + 0,3 \cdot C_{ya}$, площа крила **S = 50 м²**.

Варіант № 20- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Поняття про аеродинамічну якість профілю і її залежність від кута атаки.
- 2 Розкрити поняття: аеродинамічний центр тиску, аеродинамічний фокус і парабола стійкості.
- 3 Коефіцієнт лобового опору літака при виготовленні складав $C_{xa,1} = 0,019$. В процесі експлуатації і ремонту обшивки фюзеляжу літака коефіцієнт опору збільшився до $C_{xa,2} = 0,021$. Визначити на скільки збільшилась сила опору літака в польоті на висоті $H = 6000$ м при швидкості $V = 640$ км/год., площа крила $S = 140$ м².

Варіант № 21- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Вплив стисливості середовища на аеродинамічні характеристики профіля крила.
- 2 Сутність виникнення результуючої (повної) аеродинамічної сили і вплив на її розмір і просторове положення геометричних, кінематичних і фізичних параметрів.
- 3 Визначити аеродинамічні коефіцієнти підйомної сили, сили лобового опору і аеродинамічну якість, якщо похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки рівняється 5 1/град, кут атаки – $0,17$ рад., первинний кут атаки рівняється мінус $0,035$ рад, коефіцієнт повздожної сили рівняється $0,002$.

Варіант № 22- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Характеристика залежності коефіцієнта лобового опору від кута атаки в швидкісній і зв'язаній системах координат, сутність підсмоктувальної сили.
- 2 Сутність виникнення результуючої (повної) аеродинамічної сили і вплив на її розмір і просторове положення геометричних, кінематичних і фізичних параметрів.
- 3 При куті атаки 15^0 без ковзання коефіцієнти аеродинамічних сил рівняються: підйомної сили – $1,99$, а лобового опору – $0,465$. Визначити коефіцієнт аеродинамічної якості і коефіцієнти нормальної і повздожної сил в зв'язаній системі координат, а також розмір нормальної сили на висоті 1000 м при швидкості 300 км/год і площі несучої поверхні 70 м².

Варіант № 23- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Підср-22-16

- 1 Сутність хвильового опору, залежність його від числа Маха.
- 2 Алгоритм перерахунку проекцій повної аеродинамічної сили з швидкісної на зв'язану систему координат і навпаки.
- 3 Визначити повну аеродинамічну силу, що виникає на літаку в польоті, якщо при числі Маха $M = 0,75$, коефіцієнт $C_{ya} = 0,35$, висота польоту 500 м, поляра описується рівнянням $C_{xa} = 0,021 - 0,03C_{ya} + 0,102C_{ya}^2$, площа крила $S = 115 \text{ м}^2$.

Варіант № 24- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Підср-22-16

- 1 Сутність індуктивного опору, вплив на його розмір кінематичних і геометричних параметрів профілю крила.
- 2 Сутність виникнення результуючого аеродинамічного моменту, його проекції на вісі систем координат, їх назва і правило знаків.
- 3 При куті атаки $\alpha = 20^\circ$ без ковзання, коефіцієнти аеродинамічних сил мають значення $C_{xa} = 0,465$ і $C_{ya} = 1,99$. Визначити коефіцієнт аеродинамічної якості K , коефіцієнти повздовжної сили C_x і нормальної сили C_y , а також нормальну силу на висоті $H = 0$ м, при швидкості $V = 500 \text{ км/год}$ і площі несучої поверхні $S = 88 \text{ м}^2$.

Варіант № 25- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Підср-22-16

- 1 Опір тертя, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила.
- 2 Вплив геометричних параметрів профілю і параметрів потоку на протікання графіку залежності $C_{ya}(\alpha)$.
- 3 При куті атаки $\alpha = 15^\circ$ без ковзання, коефіцієнти аеродинамічних сил мають значення $C_{xa} = 0,55$ і $C_{ya} = 2,05$. Визначити коефіцієнти продольної сили C_x і нормальної сили C_y , результуючий коефіцієнт аеродинамічних сил C_{Ra} та коефіцієнт аеродинамічної якості K .

Варіант № 26- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Підср-22-16

- 1 Опір тиску, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила.
- 2 Дати визначення середньої аеродинамічної хорди крила і її сутності, охарактеризувати геометричний метод визначення місця розташування і розміру САХ.

- 3 Визначити аеродинамічну якість і швидкість польоту літака, якщо коефіцієнти аеродинамічних сил рівняються $C_{ya} = 0,6$ і $C_{xa} = 0,015 - 0,02C_{ya} + 0,11C_{ya}^2$, число Маха рівняється $M = 0,8$ на висоті $H = 10000$ м.

Варіант № 27- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-1б

- 1 Призначення і сутність несучих поверхонь ЛА, характеристика геометричних параметрів крила: подовження, звуження, кут стріловидності, кут поперечної “V-подібності”, кут установки перерізу крила.
- 2 Поняття про аеродинамічну якість профілю і її залежність від кута атаки.
- 3 В польоті літака з кутом атаки крила $\alpha = 0,07$ рад., коефіцієнт підйомної сили $C_{ya} = 0,6$. Визначити кут атаки нульової підйомної сили α_0 , якщо похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки рівняється $C_{ya}^{\alpha} = 5,3$ 1/град., а також аеродинамічну якість, якщо коефіцієнт лобового опору рівняється $C_{xa} = 0,015 + 0,03C_{ya}^2$.

Варіант № 28- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-1б

- 1 Охарактеризувати поняття: геометрична, аеродинамічна і кінчна крутки несучих поверхонь.
- 2 Поняття про підсмоктувальну силу профілю крила і фізичну сутність її виникнення.
- 3 Визначити аеродинамічну якість і швидкість польоту літака, якщо коефіцієнти аеродинамічних сил рівняються $C_{ya} = 0,7$ і $C_{xa} = 0,015 - 0,02C_{ya} + 0,11C_{ya}^2$, число Маха рівняється $M = 0,7$ на висоті $H = 8000$ м.

Варіант № 29- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-1б

- 1 Охарактеризувати основні геометричні параметри профілю несучих поверхонь: хорда, товщина, кривизна, середня лінія профілю, відносні координати максимальної товщини і кривизни профілю.
- 2 Поняття про керуємі поверхні крила, фактори і способи, що впливають на несучі властивості крила.
- 3 Визначити мінімальну посадкову швидкість літака з посадковою вагою 100 Тс, якщо похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки рівняється $C_{ya}^{\alpha} = 4,8$ 1/град., критичний кут атаки $\alpha_{кр} = 15^{\circ}$, кут атаки

при нульовій підйомній силі $\alpha_0 = \text{мінус } 2^\circ$, висота знаходження аеродрому $H = 1000 \text{ м}$, площа крила складає 120 м^2 .

Варіант № 30- ПрП(АЕГ)-120 - ПКЕЗ-3 - Пдср-22-16

- 1 Дати характеристику формам несучих поверхонь в плані і видам профілів перерізів крила.
- 2 Проекції результуючої аеродинамічної сили на вісі швидкісної і зв'язаної систем координат, охарактеризувати назву її складових.
- 3 Визначити максимальну посадкову вагу літака на аеродромі, що знаходиться на висоті 1500 м , якщо похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки рівняється $C_{ya}^a = 5,4 \text{ } ^1/\text{град.}$, критичний кут атаки $\alpha_{кр} = 20^\circ$, кут атаки $\alpha_0 = \text{мінус } 4^\circ$, площа крила рівняється 200 м^2 , посадкова швидкість $V = 170 \text{ км/год}$.