

**ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 – ПрП(АЕГ) Пдср-22-16**  
**(ПЗ-11.1; ПКЕЗ № 2 за темами 3 і 4)**

**ТЕМА ЗАНЯТТЯ:** 1 Принцип моделювання течії газодинамічними особливостями.  
 2 Практичне використання теореми М. Є. Жуковського в аерогідрогазодинаміці.  
 3 Розгляд основних рівнянь з врахуванням стисливості. Практичне використання рівнянь Л. Ейлера і Д. Бернуллі в стисливому середовищі.  
 4 Фізична сутність критичних параметрів газового потоку. Практичне використання теорії сопла Лавалю в аерогідрогазодинаміці.

**Мета заняття:** 1 Закріплення теоретичних знань про вплив стисливості газового середовища на зміну фізичних параметрів.  
 2 Закріплення теоретичних знань щодо сутності вихрового руху і його використання в теоремі М. Є. Жуковського.  
 3 Розгляд методик практичного використання рівнянь Л. Ейлера і Д. Бернуллі при розрахунку фізичних параметрів з врахуванням стисливості середовища.

**План заняття**

- 1 Проведення усного опитування за матеріалом тем 10 і 11.
- 2 Показ навчальних фільмів:
  - 2.1 Ефекти стисливості газового середовища. Фрагмент 3.: “Розповсюдження збурювань в газовому середовищі” – (7.2.1.3) – 5.хв. 37 с.
  - 2.2 Ефекти стисливості газового середовища. Фрагмент 4.: “Стрибки ущільнення” – (7.2.1.4) – 3.хв. 8 с.
  - 2.3 Ефекти стисливості газового середовища. Фрагмент 5.: “Виникнення і розвиток стрибків ущільнення” – (7.2.1.5) – 9.хв. 12 с.
  - 2.4 Розвиток надзвукових літаків. Легенди російської авіації . Трагедія російського чуда – 26 хв.
- 3 Розв’язок типових задач.
- 4 Виконання письмово контрольного експрес-завдання № 5 (30 хв).

**Порядок проведення заняття**

**I Теоретична частина заняття**

**I.1 Питання для усного опитування**

- 1 Рівняння Д. Бернуллі для газового потоку з врахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 2 Рівняння Л. Ейлера з врахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 3 Сопло Лавалю, залежність параметрів газового потоку по довжині сопла Лавалю.
- 4 Сутність вихрової течії, характеристика параметрів - *напруга вихора, циркуляція швидкості, індукована вихором колова швидкість*.
- 5 Формула Біо - Савара і визначення індукованої вихором колової швидкості для нескінченного і напівнескінченного прямолінійного вихору.

- 6 Моделювання течії газового потоку і несучої поверхні ЛА *прямолінійним вихором* і його практичне використання.
- 7 Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу: визначення, сутність і розрахункова формула.
- 8 Залежність коефіцієнта підйомної сили від кута атаки, її фізична сутність і характерні ділянки на графіку

## **I.2 Питань до письмового контрольного експрес-завдання**

- 1 Рівняння Д. Бернуллі для газового потоку з урахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 2 Залежність температури загальмованого газового потоку від швидкості руху, сутність кінетичного нагрівання поверхні обтікаємого тіла.
- 3 Гранична швидкість газового потоку і її залежність від температури середовища.
- 4 Критичний переріз, сутність і визначення критичних параметрів потоку.
- 5 Рівняння Л.Ейлера з урахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 6 Критична швидкість стисливого газового потоку, основні закономірності потоку при розгоні його від дозвукової до надзвукової швидкості.
- 7 Сопло Лавалю, залежність параметрів газового потоку від швидкості по довжині сопла Лавалю.
- 8 Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу: визначення, сутність і розрахункова формула.
- 9 Залежність коефіцієнта підйомної сили від кута атаки, її фізична сутність і характерні ділянки на графіку.
- 10 Сутність вихрової течії, характеристика параметра - *напруга вихора*.
- 11 Сутність вихрової течії, характеристика параметра - *індукована вихором колова швидкість*.
- 12 Сутність вихрової течії, характеристика параметра - *циркуляція швидкості*.
- 13 Формула Біо- Савара і визначення індукованої вихором колової швидкості для нескінченного вихора.
- 14 Формула Біо- Савара і визначення індукованої вихором колової швидкості для напівнескінченного вихора.
- 15 Моделювання течії газового потоку і несучої поверхні ЛА *прямолінійним вихором* і його практичне використання.

## **II Практична частина заняття**

### **II.1 Перелік задач до письмового контрольного експрес-завдання № 2**

#### **1 Задача 1.1**

- 1) Визначити швидкісний і повний тиск на визначеній висоті, якщо температура повітря складає **мінус 25°C**, а число Маха рівняється  **$M = 0,95$**
- 2) Визначити приладову і повітряну швидкість, а також число Маха, якщо швидкість звуку на висоті польоту рівняється  **$a_n = 320$  м/с**, повний тиск повітряного потоку  **$p^* = 9,9 \cdot 10^5$  Па**.

- 3) Літак летить на висоті  $H = 8000$  м з швидкістю  $V = 420$  км/год. Яку швидкість буде показувати прилад показника швидкості, якщо шкала приладу відградуїрована на висоту  $H = 0$  м. Визначити число Маха і температуру повітря при заданих вихідних даних.

## 2 Задача 1.2

- 1) Визначити швидкість звуку, число Маха, швидкісний і повний тиски потоку, що обтікає літак в польоті з швидкістю  $V = 480$  км/год на висоті  $H = 5000$  м, якщо атмосферний тиск на даній висоті складає  $54052$  Па.
- 2) Визначити фактичну висоту польоту літака, приладову швидкість, швидкість звуку і швидкісний напір, якщо прилад числа Маха показує значення  $M = 0,9$ , а повітряна швидкість літака рівняється  $V_{\text{пн}} = 980$  км/год.

## 3 Задача 1.3

- 1) Визначити як зміниться швидкість польоту літака при зміні висоти з  $H_1 = 8000$  м до  $H_2 = 3000$  м при незмінній вазі літака  $G = 100$  кН і площі крила  $S = 150$  м<sup>2</sup>, коефіцієнт підйомної сили  $C_{ya} = 0,9$ .

## 4 Задача 1.4

- 1) Визначити число Маха і число Рейнольдса при польоті літака на висоті  $H = 2000$  м, на швидкості  $V = 450$  км/год, динамічний коефіцієнт в'язкості рівняється  $\mu = 1,2 \cdot 10^{-5}$  Па с, площа прямокутного крила  $S = 25$  м<sup>2</sup>, розмах крила  $l = 15$  м.

## 5 Задача 1.5

- 1) Коефіцієнт опору літака  $C_{xa,1} = 0,019$ . 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  $H = 6$  км на швидкості  $V = 648$  км/год., площа крила  $S = 140$  м<sup>2</sup>.
- 2) Коефіцієнт підйомної сили літака  $C_{ya,1} = 1,2$ . В процесі експлуатації і ремонту обшивки фюзеляжу літака коефіцієнт підйомної сили зменшився до  $C_{ya,2} = 0,8$ . Визначити у скільки разів зменшилась підйомна сила літака в польоті на висоті  $H = 5000$  м на швидкості  $V = 650$  км/год., площа крила  $S = 140$  м<sup>2</sup>.

## 6 Задача 1.6

- 1) Визначити підйомну силу і силу лобового опору літака, якщо при продувці моделі літака в масштабі  $1:50$  в аеродинамічній трубі при числі Маха  $M = 0,7$  були отримані аеродинамічні сили  $Y_{ам} = 2000$  Н,  $X_{ам} = 400$  Н, площа крила моделі  $S_m = 0,5$  м<sup>2</sup>.
- 2) В скільки разів необхідно збільшити площу крила для отримання однакової підйомної сили крила на однаковому куті атаки і при однаковій швидкості польоту, якщо висота змінюється з  $H_1 = 7$  км до висоти  $H_2 = 11000$  м.

### 7 Задача 1.7:

- 1) Визначити для нескінченного вихору напругу, індуктивну швидкість і колову швидкість на перерізі вихору, якщо частота обертання вихору рівняється  $\omega_v = 25 \text{ }^1/\text{с}$ , площа перерізу вихору  $S_v = 80 \text{ см}^2$ , радіус вихору рівняється  $r = 25 \text{ см}$ .
- 2) Визначити, як зміниться повний тиск в критичній точці носової частини фюзеляжу літака при зміні висоти польоту з  $H_1 = 1000 \text{ м}$  до  $H_2 = 5000 \text{ м}$  на швидкості  $V = 720 \text{ км/год}$ .

### 8 Задача 1.8:

- 1) Визначити приладову і повітряну швидкості та швидкісний тиск на висоті  $H = 6000 \text{ м}$ , якщо повний тиск рівняється  $p^* = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .
- 2) Визначити, як зміниться масова витрата повітря при швидкості  $V = 720 \text{ км/год}$  на висоті  $H = 3000 \text{ м}$  при зміні діаметру повітряного потоку з  $d_1 = 50 \text{ см}$  до  $d_2 = 0,9 \text{ м}$ .

### 9 Задача 1.9:

- 1) Визначити напругу вихору і індуковану вихором швидкість, якщо кути атаки кінцевого вихору рівняються  $\alpha_1 = 45^\circ$ ,  $\alpha_2 = 135^\circ$ , радіус вихору  $r = 50 \text{ см}$ , число обертання вихору  $n_v = 335 \text{ об/хв}$ .
- 2) Визначити напругу вихору, індуковану вихором швидкість для напівнескінченного вихору і колову швидкість на перерізі вихору, якщо число обертів вихору  $n_v = 240 \text{ об/хв}$ ,  $\alpha_2 = 90^\circ$ ,  $\alpha_1 = 0^\circ$ , радіус вихору рівн.  $r = 100 \text{ см}$ .

### 10 Задача 1.10:

- 1) Визначити циркуляцію швидкості і підйомну силу крила, якщо політ здійснюється на висоті  $H = 1000 \text{ м}$  при швидкості  $V = 480 \text{ км/год}$ , коефіцієнт підйомної сили крила рівняється  $C_{ya} = 1,2$ , хорда крила рівняється  $b = 1,5 \text{ м}$ , довжина контуру  $l = 10 \text{ м}$ .
- 2) Визначити кут атаки ( $\alpha_0$ ) при якому коефіцієнт підйомної сили рівняється  $C_{ya} = 0$ , якщо коефіцієнт підйомної сили при куті атаки  $\alpha = 5^\circ$  рівняється  $C_{ya} = 0,6$ , похідна підйомної сили рівняється  $C_{y\alpha} = 3$ , а також підйомну силу при швидкості  $V = 260 \text{ км/год}$  і площі крила  $S = 40 \text{ м}^2$ .
- 3) Визначити підйомну силу крила площею  $S = 100 \text{ м}^2$  для кута атаки  $\alpha = 8^\circ$ , якщо кут нахилу графіку залежності  $C_{ya} = f(\alpha)$  рівняється  $\varphi = 30^\circ$ , та коефіцієнт підйомної сили при куті атаки  $\alpha_0 = \text{мінус } 2^\circ$ , при швидкості польоту  $V = 250 \text{ км/год}$ .

#### Рекомендована література

6.1.1 - 16...35, 72...75; 6.1.2 - 50...139; 6.1.3 - 20...79; 6.1.4 - 61...132; 6.1.8 - 41...58; 6.3.1; 6.3.2; 64.1

## Варіанти завдань письмового контрольного експрес-завдання № 2

### **Варіант № 1-ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Рівняння Д. Бернуллі для газового потоку з урахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 2 Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу: визначення, сутність і розрахункова формула.
- 3 Визначити швидкісний і повний тиск на визначеній висоті, якщо температура повітря складає **мінус 25°C**, а число Маха рівняється  **$M = 0,95$**

### **Варіант № 2- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Залежність температури загальмованого газового потоку від швидкості руху, сутність кінетичного нагрівання поверхні обтікаемого тіла.
- 2 Моделювання течії газового потоку і несучої поверхні ЛА прямолінійним вихором і його практичне використання.
- 3 Визначити приладову і повітряну швидкість, а також число Маха, якщо швидкість звуку на висоті польоту рівняється  **$a_n = 320$  м/с**, повний тиск повітряного потоку  **$p^* = 9,9 \cdot 10^5$  Па**.

### **Варіант № 3- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Гранична швидкість газового потоку і її залежність від температури середовища.
- 2 Сутність вихрової течії, характеристика параметра – індукована вихором колова швидкість.
- 3 Літак летить на висоті  **$H = 8000$  м** з швидкістю  **$V = 420$  км/год**. Яку швидкість буде показувати прилад показника швидкості, якщо шкала приладу відградуирована на висоту  **$H = 0$  м**. Визначити число Маха і температуру повітря при заданих вихідних даних.

### **Варіант № 4- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Сутність вихрової течії, характеристика параметра - циркуляція швидкості.
- 2 Критичний переріз, його сутність і визначення критичних параметрів потоку.
- 3 Визначити швидкість звуку, число Маха, швидкісний і повний тиски потоку, що обтікає літак в польоті з швидкістю  **$V = 480$  км/год** на висоті  **$H = 5000$  м**, якщо атмосферний тиск на даній висоті складає **54052 Па**.

**Варіант № 5- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Критичний переріз, його сутність і визначення критичних параметрів потоку.
- 2 Залежність коефіцієнта підйомної сили від кута атаки, її фізична сутність і характерні ділянки на графіку.
- 3 Визначити фактичну висоту польоту літака, приладову швидкість, швидкість звуку і швидкісний напір, якщо прилад числа Маха показує значення  $M = 0,9$ , а повітряна швидкість літака рівняється  $V_{\text{пн}} = 980 \text{ км/год}$ .

**Варіант № 6- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Рівняння Л. Ейлера з урахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 2 Сутність вихрової течії, характеристика параметра - циркуляція швидкості.
- 3 Визначити як зміниться швидкість польоту літака при зміні висоти з  $H_1 = 8000 \text{ м}$  до  $H_2 = 3000 \text{ м}$  при незмінній вазі літака  $G = 100 \text{ кН}$  і площі крила  $S = 150 \text{ м}^2$ , коефіцієнт підйомної сили  $C_{ya} = 0,9$ .

**Варіант № 7- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Критична швидкість стисливого газового потоку, основні закономірності потоку при розгоні його від дозвукової до надзвукової швидкості.
- 2 Формула Біо-Савара, її загальне визначення і застосування..
- 3 Визначити число Маха і число Рейнольдса при польоті літака на висоті  $H = 2000 \text{ м}$ , на швидкості  $V = 450 \text{ км/год}$ , динамічний коефіцієнт в'язкості рівняється  $\mu = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ Па с}$ , площа прямокутного крила  $S = 25 \text{ м}^2$ , розмах крила  $l = 15 \text{ м}$ .

**Варіант № 8- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Сопло Лавалля, залежність параметрів газового потоку по довжині сопла Лавалля і питомої витрати газу від швидкості.
- 2 Формула Біо- Савара і визначення індукованої вихором колової швидкості для нескінченного вихоря.
- 3 Коефіцієнт опору літака  $C_{x0,1} = 0,019$ . В процесі експлуатації і ремонту обшивки фюзеляжу літака коефіцієнт опору збільшився до  $C_{x0,2} = 0,024$ . Визначити на скільки збільшилась сила опору літака в польоті на висоті  $H = 6 \text{ км}$  на швидкості  $V = 648 \text{ км/год}$ ., площа крила  $S = 140 \text{ м}^2$

**Варіант № 9- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу: визначення, сутність і розрахункова формула.
- 2 Рівняння Л. Ейлера з урахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 3 *Визначити підйомну силу і силу лобового опору літака, якщо при продувці моделі літака в масштабі 1:50 в аеродинамічній трубці при числі Маха  $M = 0,7$  були отримані аеродинамічні сили  $Y_{ам} = 2000 \text{ Н}$ ,  $X_{ам} = 400 \text{ Н}$ , площа крила моделі  $S_m = 0,5 \text{ м}^2$ .*

**Варіант № 10- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Формула Біо- Савара і визначення індукованої вихором колової швидкості для напівнескінченного вихорю.
- 2 Рівняння Д. Бернуллі для газового потоку з урахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 3 *В скільки разів необхідно збільшити площу крила для отримання однакової підйомної сили крила на однаковому куті атаки і при однаковій швидкості польоту, якщо висота змінюється з  $H_1 = 7 \text{ км}$  до висоти  $H_2 = 11000 \text{ м}$ .*

**Варіант № 11- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу: визначення, сутність і розрахункова формула.
- 2 Залежність температури загальмованого газового потоку від швидкості руху, сутність кінетичного нагрівання поверхні обтікаємого тіла.
- 3 *Визначити швидкісний і повний тиск на визначеній висоті, якщо температура повітря складає **мінус  $25^{\circ}\text{C}$** , а число Маха рівняється  $M = 0,95$*

**Варіант № 12- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Гранична швидкість газового потоку і її залежність від температури середовища.
- 2 Моделювання течії газового потоку і несучої поверхні ЛА прямолінійним вихором і його практичне використання в аеродинаміці.
- 3 *Визначити приладову і повітряну швидкість, а також число Маха, якщо швидкість звуку на висоті польоту рівняється  $a_n = 320 \text{ м/с}$ , повний тиск повітряного потоку  $p^* = 9,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .*

**Варіант № 13- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-1б - ПКЕЗ--2**

- 1 Сутність вихрової течії, характеристика параметра - циркуляція швидкості.
- 2 Критичний переріз, його сутність і визначення критичних параметрів потоку.

- 3 Літак летить на висоті  $H = 8000$  м з швидкістю  $V = 420$  км/год. Яку швидкість буде показувати прилад показника швидкості, якщо шкала приладу відградуїрована на висоту  $H = 0$  м. Визначити число Маха і температуру повітря при заданих вихідних даних.

**Варіант № 14- ПрП(АЕГ)-120 - Підср-22-16 - пкез-2**

- 1 Формула Біо - Савара і визначення індукованої вихором колової швидкості для напівнескінченного вихоря.
- 2 Рівняння Л. Ейлера з урахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 3 Визначити швидкість звуку, число Маха, швидкісний і повний тиски потоку, що обтікає літак в польоті з швидкістю  $V = 480$  км/год на висоті  $H = 5000$  м, якщо атмосферний тиск на даній висоті складає  $54052$  Па.

**Варіант № 15- ПрП(АЕГ)-120 - Підср-22-16 - пкез-2**

- 1 Сопло Лавалля, залежність параметрів газового потоку по довжині сопла.
- 2 Сутність вихрової течії, характеристика параметра – індукована вихором колова швидкість.
- 3 Визначити фактичну висоту польоту літака, приладову швидкість, швидкість звуку і швидкісний напір, якщо прилад числа Маха показує значення  $M = 0,9$ , а повітряна швидкість літака рівняється  $V_{nn} = 980$  км/год.

**Варіант № 16- ПрП(АЕГ)-120 - Підср-22-16 - пкез-2**

- 1 Рівняння Д. Бернуллі для газового потоку з урахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 2 Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу: визначення, сутність і розрахункова формула.
- 3 Визначити як зміниться швидкість польоту літака при зміні висоти з  $H_1 = 8000$  м до  $H_2 = 3000$  м при незмінній вазі літака  $G = 100$  кН і площі крила  $S = 150$  м<sup>2</sup>, коефіцієнт підйомної сили  $C_{ya} = 0,9$ .

**Варіант № 17- ПрП(АЕГ)-120 - Підср-22-16 - пкез-2**

- 1 Залежність температури загальмованого газового потоку від швидкості руху, сутність кінетичного нагрівання поверхні обтікаємого тіла.
- 2 Залежність коефіцієнта підйомної сили від кута атаки, її фізична сутність і характерні ділянки на графіку.
- 3 Визначити число Маха і число Рейнольдса при польоті літака на висоті  $H = 2000$  м, на швидкості  $V = 450$  км/год, динамічний коефіцієнт в'язкості рівняється  $\mu = 1,2 \cdot 10^{-5}$  Па с, площа прямокутного крила  $S = 25$  м<sup>2</sup>, розмах крила  $l = 15$  м.



**Варіант № 18- ПрП(АЕГ)-120 - Підср-22-1б - пкез-2**

- 1 Гранична швидкість газового потоку і її залежність від температури середовища.
- 2 Сутність вихрової течії, характеристика параметра – індукована вихором колова швидкість.
- 3 Коефіцієнт підйомної сили літака  $C_{ya,1} = 1,2$ . В процесі експлуатації і ремонту обшивки фюзеляжу літака коефіцієнт підйомної сили зменшився до  $C_{ya,2} = 0,9$ . Визначити у скільки разів зменшилась підйомна сила літака в польоті на висоті  $H = 5000$  м на швидкості  $V = 650$  км/год., площа крила  $S = 140$  м<sup>2</sup>

**Варіант № 19- ПрП(АЕГ)-120 - Підср-22-1б - пкез-2**

- 1 Сутність вихрової течії, характеристика параметра - циркуляція швидкості.
- 2 Критичний переріз, його сутність і визначення критичних параметрів потоку.
- 3 Визначити підйомну силу і силу лобового опору літака, якщо при продувці моделі літака в масштабі 1:50 в аеродинамічній трубці при числі Маха  $M = 0,7$  були отримані аеродинамічні сили  $Y_{ам} = 2000$  Н,  $X_{ам} = 400$  Н, площа крила моделі  $S_m = 0,5$  м<sup>2</sup>.

**Варіант № 20- ПрП(АЕГ)-120 - Підср-22-1б - пкез-2**

- 1 Критичний переріз, його сутність і визначення критичних параметрів потоку.
- 2 Залежність коефіцієнта підйомної сили від кута атаки, її фізична сутність і характерні ділянки на графіку.
- 3 В скільки разів необхідно збільшити площу крила для отримання однакової підйомної сили крила на однаковому куті атаки і при однаковій швидкості польоту, якщо висота змінюється з  $H_1 = 7$  км до висоти  $H_2 = 11000$  м..

**Варіант № 21- ПрП(АЕГ)-120 - Підср-22-1б - пкез-2**

- 1 Рівняння Л. Ейлера з урахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 2 Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу: визначення, сутність і розрахункова формула.
- 3 Визначити приладову і повітряну швидкість, а також число Маха, якщо швидкість звуку на висоті польоту рівняється  $a_n = 320$  м/с, повний тиск повітряного потоку  $p^* = 9,9 \cdot 10^5$  Па.

**Варіант № 22- ПрП(АЕГ)-120 - Підср-22-1б - пкез-2**

- 1 Критична швидкість стисливого газового потоку, основні закономірності потоку при розгоні його від дозвукової до надзвукової швидкості.

- 2 Формула Біо-Савара, її загальне визначення і застосування.
- 3 Визначити швидкість звуку, число Маха, швидкісний і повний тиски потоку, що обтікає літак в польоті з швидкістю  $V = 480 \text{ км/год}$  на висоті  $H = 5000 \text{ м}$ , якщо атмосферний тиск на даній висоті складає  $54052 \text{ Па}$ .

**Варіант № 23- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-16 - ПКЕЗ--2**

- 1 Сопло Лавалю, залежність параметрів газового потоку по довжині сопла Лавалю і питомої витрати газу від швидкості.
- 2 Формула Біо- Савара і визначення індукованої вихором колової швидкості для нескінченного вихоря.
- 3 Визначити як зміниться швидкість польоту літака при зміні висоти з  $H_1 = 8000 \text{ м}$  до  $H_2 = 3000 \text{ м}$  при незмінній вазі літака  $G = 100 \text{ кН}$  і площі крила  $S = 150 \text{ м}^2$ , коефіцієнт підйомної сили  $C_{ya} = 0,9$ .

**Варіант № 24- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-16 - ПКЕЗ--2**

- 1 Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу: визначення, сутність і розрахункова формула..
- 2 Рівняння Л. Ейлера з урахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 3 Коефіцієнт підйомної сили літака  $C_{ya,1} = 1,2$ . В процесі експлуатації і ремонту обшивки фюзеляжу літака коефіцієнт підйомної сили зменшився до  $C_{ya,2} = 0,9$ . Визначити у скільки разів зменшилась підйомна сила літака в польоті на висоті  $H = 5000 \text{ м}$  на швидкості  $V = 650 \text{ км/год}$ ., площа крила  $S = 140 \text{ м}^2$

**Варіант № 25- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-16 - ПКЕЗ--2**

- 1 Залежність коефіцієнта підйомної сили від кута атаки, її фізична сутність і характерні ділянки на графіку.
- 2 Рівняння Д. Бернуллі для газового потоку з урахуванням стисливості, його фізична сутність.
- 3 В скільки разів необхідно збільшити площу крила для отримання однакової підйомної сили крила на однаковому куті атаки і при однаковій швидкості польоту, якщо висота змінюється з  $H_1 = 7 \text{ км}$  до висоти  $H_2 = 11000 \text{ м}$ .

**Варіант № 26- ПрП(АЕГ)-120 - Підбср-22-16 - ПКЕЗ--2**

- 1 Залежність коефіцієнта підйомної сили від кута атаки, її фізична сутність і характерні ділянки на графіку.
- 2 Залежність температури загальмованого газового потоку від швидкості руху, сутність кінетичного нагрівання поверхні обтікаємого тіла.
- 3 Визначити швидкісний і повний тиск на визначеній висоті, якщо температура повітря складає  $\text{мінус } 25^\circ\text{C}$ , а число Маха рівняється  $M = 0,95$