

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
«Термодинаміка та теплопередача»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти

272 Авіаційний транспорт
(Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів)

Тема 6. Розгін і гальмування газового потоку.

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.02.2024 р. № 2

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
ХНУВС
Протокол від 17.01.2024 р. № 6

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.02.2024 р. № 2

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 12.12.2023 р. № 8

Розробники:

1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки , спеціаліст вищої категорії Яніцький А.А.

Рецензенти:

Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н., професор Тамаргазін О.А.

Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.

Тема 6. Розгін і гальмування газового потоку

План лекції

1. Зміна повної температури і повного тиску в газовому потоці;
2. Особливості розгону і гальмування газового потоку при різних впливах. Закономірності зміни параметрів ідеального газу при енергоізоляції течії в каналі;
3. Форма каналу, необхідна для розгону або гальмування газового потоку;
4. Ідеальна течія газу в соплах. Основні поняття і визначення. Можливі режими роботи сопла. Ідеальна течія газу в соплі, що звужується. Режими роботи звуженого сопла. Вплив $\pi_{c,расп}$ на рух газу в звужується соплі. Витрата газу через сопло. Ідеальна течія газу в соплі Лавалю.

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

Основна:

1. Котовський В. Н. Технічна термодинаміка : тексти лекцій, 2015. 88 с.
2. Котовський В. Н. Теплопередача : тексти лекцій, 2015. 76 с.

Допоміжна:

3. Базаров І. П. Термодинаміка : підручник. 2010. 384 с.
4. Баранов В. М., Коньков А. Ю. Термодинаміка і теплопередача: навчальний посібник; 2-е видання, перероблене. 2004. 91 с.

Інформаційні ресурси в інтернеті:

5. URL : <http://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka>
6. URL : <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/6/29/6-29-kl76.pdf>
7. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=rfOI3PwO194>

6.1 Зміна повної температури и полного тиску в газовому потоці

Розрахунки течій газу в елементах авіаційних силових установок є складним завданням, оскільки вимагає врахування одночасної зміни швидкості, температури, тиску і щільності газу. Це завдання може бути спрощено, якщо проводити такі розрахунки з використанням газодинамічних функцій, що представляють собою залежності ряду безрозмірних параметрів газового потоку від наведеної швидкості

$$\lambda = c / c_{кр}$$

До них належать такі функції:

Функція $\pi(\lambda)$ – ставлення статичної температури газового потоку при даному значенні λ к температурі адіабатнозаторможенного потоку

$$\pi(\lambda) = T/T^*$$

Функція $P(\lambda)$ – відношення статичного тиску газового потоку при даному значенні λ к тиску адіабатнозаторможенного потоку

$$P(\lambda) = P/P^*$$

Функція $\varepsilon(\lambda)$ – відношення статичної щільності газового **потоку** при даному значенні λ до щільності адіабатнозагальмованого потоку

$$\varepsilon(\lambda) = \rho/\rho^*$$

Функція $q(\lambda)$ – відносна щільність потоку, це відношення щільності потоку в потоці газу c_p застосовується для розрахунку λ к її значенням, яке досягається (при даних параметрах загальмованого потоку) при швидкості газу, що дорівнює швидкості звуку (тобто . при значенні $\lambda = 1$)

$$q(\lambda) = c_p / c_{кр} \rho_{кр}$$

Максимальне значення $q(\lambda)$ рівне одиниці, досягається при $\lambda = 1$. Це означає, що в енергоізолюваном потоці максимальна щільність струму досягається тоді, коли швидкість потоку стає рівною швидкості звуку.

Таким чином, всі газодинамічні функції однозначно пов'язані, тобто, знаючи число λ чи M або одну з функцій, можна визначити всі інші.

6.2 Особливості Розгону и гальмування газового потоку при різних Вплив.

Закономірності Зміни параметрів ідеального газу

при енергоізолюваній течії в каналі

Ріки від виливу в реальних елементах літаків, двигунів та інших конструкцій завжди відбувається з тертям (диссипацією енергії) і часто з енергообміну з навколишнім середовищем. Можливий також відбір або підведення газу.

Тепловий вплив.

підведення теплоти ($dq_{внеш} > 0$) до дозвукових потоку газу ($M < 1$) викликає зростання його швидкості, а для збільшення швидкості надзвукового потоку ($M > 1$) теплота повинна відводитися ($dq_{внеш} < 0$).

Вплив тертя.

На відміну від інших впливів робота тертя може бути тільки позитивною ($d\text{тр} > 0$). Тому наявність тертя при відсутності інших впливів призводить до розгону дозвукового потоку. Це пов'язано з тим, що робота тертя переходить в теплоту, а як було показано раніше, підведення теплоти до дозвукового потоку розганяє його. Однак слід мати на увазі, що розгін потоку під впливом тертя ($dc > 0$) супроводжується відповідно до рівняння Бернуллі зменшенням тиску ($dp < 0$). Це зменшення тиску буде відбуватися в більшій мірі, ніж при аналогічному розгоні потоку без тертя за рахунок інших впливів (наприклад, геометричного), що пояснюється диссипацією енергії в потоці з тертям і проявляється в зменшенні повного тиску газу p^* уздовж каналу.

Закономірності зміни параметрів ідеального газу при енергоізолюванні перебігу в каналі

При встановленні закономірностей течії газу в каналах приймемо такі припущення:

- Газ ідеальний;
- Протягом відбувається без тертя і енергообміну з навколишнім середовищем.

Таким чином, процес перебігу газу буде адіабатним.

Встановимо закономірності зміни параметрів газу при перебігу в будь-якому каналі при прийнятих умовах.

зміна тиску

$$dp = -f(dc)$$

зміна температури

$$dT = -f(dc)$$

Зміна питомої обсягу

$$dv = f(dc)$$

зміна щільності

$$dp = -f(dc)$$

З отриманих залежностей випливає, що характер зміни параметрів газу при перебігу в каналі залежить від знака dc .

6.3 Форма каналу, необхідна для розгону або гальмування газового потоку

Геометричним впливом на потік називається вплив на нього шляхом зміни площі F поперечного перерізу каналу.

Якщо $dG = dq_{\text{внеш}} = d\text{внеш} = d\text{тр} = 0$, то

$$dF = (M^2 - 1) F dc / c$$

Це рівняння пов'язує між собою:

- величину, що визначає характер зміни швидкості уздовж каналу,
- число Маха, що характеризує режим течії (дозвуковий або надзвуковий),
- величину F , що характеризує необхідний характер зміни площі поперечного перерізу каналу по його довжині.

Форма сопла. Соплом називається спеціально спрофільований канал, призначений для розгону потоку. $dc > 0$

Якщо швидкість потоку на вході в сопло менше швидкості звуку, тобто потік дозвуковий, тоді ($M < 1$)

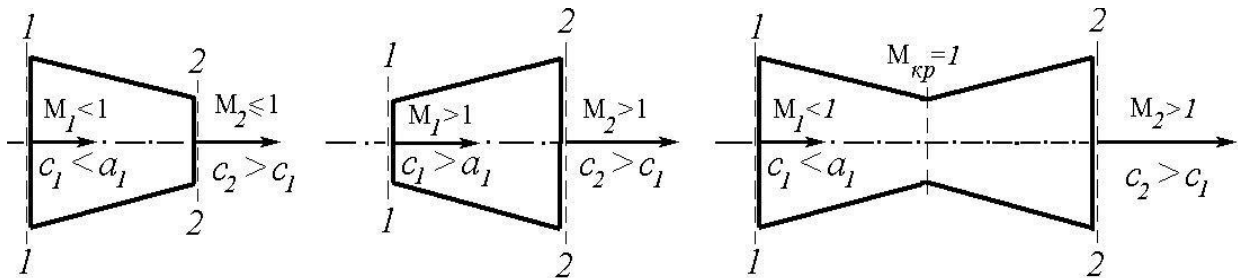
$$dF = (M^2 - 1) F dc / c < 0$$

Отже, для розгону дозвукового потоку канал сопла повинен бути звужується.

Якщо швидкість потоку на вході в сопло більше швидкості звуку, тобто потік надзвуковий, тоді ($M > 1$)

$$dF = (M^2 - 1) F dc / c > 0$$

Отже, для розгону надзвукового потоку канал сопла повинен бути ширшим



6.4 Ідеальна течія газу в соплах. Основні Поняття і визначення.

Можливі режими роботи сопла.

Ідеальна течія газу в соплі, що звужується.

Режими роботи звуженого сопла.

Вплив $p_{с.расп}$ на рух газу в звужується соплі.

Витрати газу через сопло. Ідеальна течія газу в соплі Лавалю

Форми каналів для розгону газового потоку

Таким чином, неможливо здійснити розгін потоку від дозвуковій до надзвуковій швидкості тільки в звужується або розширюється каналі. Це можливо здійснити в комбінованому соплі, що складається з звужується і розширюється частин. У звужується частини потік розганяється до швидкості звуку ($M = 1$), а в розширюється частини - до надзвуковій швидкості ($M > 1$). Такі сопла називаються соплами Лавалю, мінімальний переріз в них

називається критичним.

З розглянутих вище залежностей випливає, що, так як в соплі $dc > 0$, то тиск, температура і щільність уздовж тракту сопла знижуються. При цьому газ розширюється

Дифузором називається канал, в якому відбувається зменшення швидкості потоку.

Якщо швидкість потоку на вході в дифузор менше швидкості звуку ($M < 1$)., Тобто потік дозвуковий, тоді

$$dF = (M^2 - 1) F dc / c > 0$$

Отже, для гальмування дозвукового потоку канал дифузора повинен бути ширшим.

Якщо швидкість потоку на вході в дифузор більше швидкості звуку ($M > 1$), тобто потік надзвуковий, тоді $dF = (M^2 - 1) F dc / c < 0$

$$dF = (M^2 - 1) F dc / c < 0$$

Отже, для гальмування надзвукового потоку канал дифузора повинен бути звужується.

Таким чином, неможливо здійснити гальмування потоку від над- звуковий до дозвуковій швидкості тільки в звужується або розширюється каналі. Це можливо здійснити в комбінованому дифузорі, що складається з звужується і розширюється частин.

У звужується частини потік гальмується до швидкості звуку в критичному перетині ($M_{кр} = 1$), а в розширюється частини - до дозвуковій швидкості ($M_2 < 1$).

З розглянутих вище залежностей випливає, що, так як в дифузорі $dc < 0$, то тиск, температура і щільність уздовж тракту дифузора підвищуються. При цьому газ стискається.

