

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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

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

272 Авіаційний транспорт
(Аеронавігація)

Тема 6. Розгін і гальмування газового потоку.

ЗАТВЕРДЖЕНО

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

СХВАЛЕНО

Методично радою Кременчуцького
льотного коледжу
Протокол від 28.08.2023 р. № 1

ПОГОДЖЕНО

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

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 р. № 1

Розробники: викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки *Яніцький А.А.*

Рецензенти:

1. 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.*

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.
5. Технічна термодинаміка і теплопередача : підручник для академічного бакалаврату В. А. Кудінов, Е. М. Карташов, Є. В. Стефанюк , 2016. 442 с.

Інформаційні ресурси в інтернеті:

6. URL : <http://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka>
7. URL : <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/6/29/6-29-kl76.pdf>

6.2 Особливості Розгону и гальмування газового потоку при різних Вплив. Закономірності Зміни параметрів ідеального газу при енергоізолюванні течії в каналі

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

Тепловий вплив.

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

Вплив тертя.

На відміну від інших впливів робота тертя може бути тільки позитивною ($dI_{\text{тр}} > 0$). 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 дозвукових 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 зниження тиску буде відбуватися в більшій мірі, ніж при аналогічному розгоні потоку без тертя за рахунок інших впливів (наприклад, геометричного), що пояснюється дисипацією енергії в потоці з тертям і проявляється в зменшенні повного тиску газу $p \cdot \rho$ 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 адіабатних.

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 $dG = dq_{\text{внеш}} = dl_{\text{внеш}} = dl_{\text{тр}} = 0$, 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 ($M < 1$)

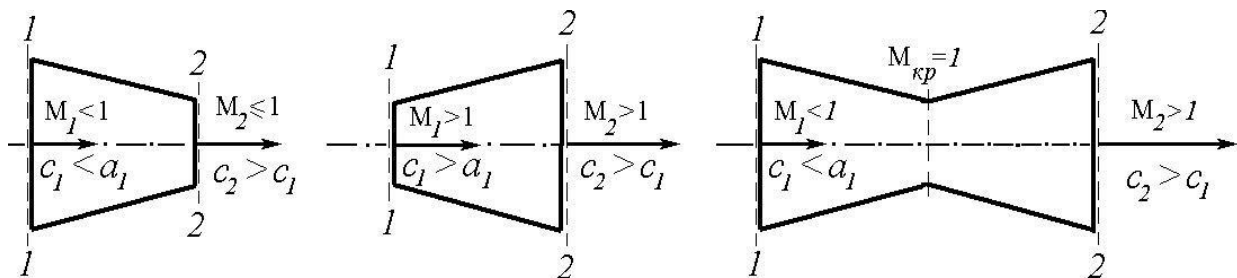
$$dF = (M^2 - 1) F dc / c < 0$$

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

Витрати газу через сопло. Ідеальна течія газу в соплі Лавалля

Форми каналів для розгону газового потоку

Таким чином, неможливо здійснити розгін потоку від дозвуковий до

надзвукової 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 надзвукової швидкості ($M > 1$). Такі сопла називаються соплами Лаваля, 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

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

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.

