



МАТЕРІАЛИ
XIII Міжнародної
науково-технічної конференції
“АВІА-2017”
19-21 квітня

Київ 2017

<i>К.В. Дорошенко, Ю. Ю. Терещенко, П. Гамзег</i> Газодинамічне регулювання течією в реактивному соплі	20.31
<i>М.С. Кулик, К.І. Капітанчук, П.І. Греков, М.І. Кінащук</i> Дослідження руху газу в місцях повороту потоку	20.35
<i>Р.О. Билоус, В.С. Босый</i> Модернизация воздушных судов	20.39
<i>Р.О. Билоус, А.А. Гавриков</i> Перспектива авиационных двигателей	20.44
<i>Ю.О. Белоконь, К.В. Белоконь, О.А. Жеребцов</i> Розробка інтерметалічних сплавів для деталей газотурбінних двигунів	20.48
<i>А. Дж. Мирзоев, О.С. Якушенко</i> Синтез информации о техническом состоянии ГТД на базе применения теории Демпстера-Шефера	20.52
<i>С.М. Шевченко, Д.М. Бродніковський, Ю.М. Романенко, О.Д. Васильев, С.М. Бродніковський</i> Вплив температури спікання на структуру та міцність цирконієво-керамічного електроліту паливної комірки	20.58
<i>К.І. Капітанчук</i> Методика розрахунку ізоентропної течії реального газу з використанням газодинамічних функцій	20.62
<i>І.І. Гвоздецький, Л.Г. Волянська, І.Ф. Кінащук</i> Моделювання перехідних процесів ТРДД	20.66

21. Аеропорти та сучасні аеропортові технології

<i>О.А. Тамаргазін, І.І. Ліннік</i> Принципи побудови імітаційної моделі технологічних процесів обслуговування повітряного судна в аеропорту	21.1
<i>Р.М. Салімов, М.В. Олег</i> Керування процесом обґрунтування експлуатаційних характеристик авіаційної наземної техніки	21.4
<i>О.М. Білякович, А.М. Савчук</i> Перспективи та проблеми впровадження сучасних технологій самообслуговування авіапасажирів	21.7
<i>О.Ю. Сидоренко, О.М. Білякович, Т.І. Кузьменко</i> Сучасні вимоги до транспортних засобів зі стрічковим конвеєром	21.10
<i>В.В. Астанін, О.І. Олефір, Г.О. Щегель, А.О. Олефір</i> Сейсмоакустичне позиціонування авіаційної техніки в районі аеропорту системою акустичного спостереження «Трембіта»	21.14
<i>В.І. Личик</i> Удосконалена система управління наземним рухом в аеропортах	21.17

*М.С. Кулик д.т.н., К.І. Капітанчук., к.т.н.,
П.І. Греков, к.т.н., М.І. Кінащук
(Національний авіаційний університет, Україна)*

Дослідження руху газу в місцях повороту потоку

Представлено дослідження течії газу в місцях повороту потоку в технологічних схемах промислових та енергетичних машин

У промислових, енергетичних та багатьох інших машинах трапляється велика кількість різноманітних поворотів потоку рідини або газу. Теоретичному та експериментальному дослідженню руху рідини в місцях повороту потоку присвячено багато робіт і окремих монографій [1].

З аналізу фізичної картини течії потоку на повороті випливає, що втрати в коліні складаються із втрат: на тертя, формування парних вихорів і втрат, через наявність місцевого відривання потоку. Останні мають найбільшу відносну величину, а втрати на тертя складають найменшу частку від загальних втрат.

Отже, для зменшення втрат у коліні передусім потрібно усувати місцеві аеродинамічні дифузори, які часто призводять до місцевих відривань потоку. Далі необхідно зменшувати інтенсивність вторинних струменів, що утворюють парні вихори, і тільки після цього піклуватися про зменшення сил тертя.

Колінами називають фасонні частини патрубків, патрубків з вигином потоку в потрібному напрямку. Їх форма характеризується:

- діаметром D поперечного перерізу круглого коліна або сторонами прямокутного перерізу h та b ;
- кутом повороту – α ;
- кількістю внутрішніх діаметрів труби – n ;
- радіусом закруглення коліна R , відлічуваним уздовж вигину труби

$R_k = nD$ при круглому перерізі її або через ширину прямокутного каналу

$$R_k = nb$$

Коліно вихідних патрубків складається з ряду з'єднаних фальцами ланок. Додатковою характеристикою коліна є кількість ланок (сегментів), яка характеризує плавність вигину при даних величинах кута повороту та R_k .

Наявність зон вихороутворення є однією з причин зменшення запасу енергії потоку. Утворення вихорових областей біля зовнішньої та внутрішньої стінок коліна супроводжується деформацією поля швидкостей поля.

На рис. 1 зображено три типи поворотних колін і позначено внутрішній r_b , зовнішній r_a та середній r_{cp} радіуси кривизни.

Відомо, що під час руху рідини вздовж криволінійного каналу швидкості часток рідини зменшуються при збільшенні радіуса кривизни. Тому тиск біля внутрішньої стінки є меншим за величину тиску біля зовнішньої стінки.

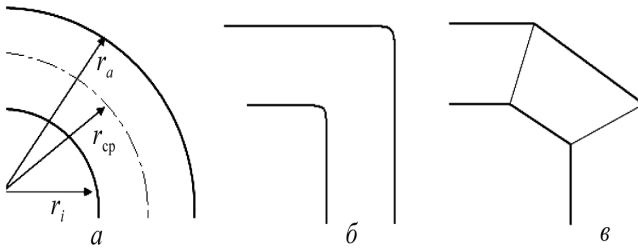


Рис. 1. Типи колін: *a* – криволінійне; *б* – прямокутне; *в* – ламане

На вхідній ділянці відбувається зменшення величин швидкостей руху струменів потоку, які притискуються до зовнішньої стінки, і прискорення струменів уздовж внутрішньої стінки коліна. На вихідній ділянці коліна спостерігаються зворотні явища. Відбудова реального руху потоку в коліні в розрахунках ускладнюється закручуванням його в парний вихор. Поряд із основним поступальним рухом потік у коліні закручується, в результаті додавання цих рухів лінії струму утворюють гвинтоподібну форму.

Розглянемо причини закручування потоку в коліні. Для цього розсічемо коліно площиною симетрії на дві частини. Будемо розглядати ліву половину торцевого перерізу.

Під час повороту потоку в коліні утворюються відцентрові сили, величина яких, як відомо, пропорційна квадрату швидкості. Величина швидкості v_2 у центральній частині ядра потоку більша за величину швидкості потоку, що рухається до бічної стінки v_1 . Отже, величина відцентрової сили, що відображена праворуч від точки «0», буде більшою за величину відцентрової сили, що відображена ліворуч від цієї точки.

Під впливом різниці сил виникає момент відцентрових сил M_c відносно точки «0», що спричинює обертальний рух потоку. Така сама картина спостерігається і у правій симетричній частині перерізу. В результаті цього, в коліні утворюється парний вихор, для створення якого витрачається частина енергії потоку. Обертання потоку, викликане коліном, триває також на прямій ділянці труби за коліном, гальмується дуже повільно і зникає на великій відстані, що досягає $80 D$.

Таким чином, реальна картина руху потоку рідини в коліні дуже складна: вона характеризується одночасною наявністю двох вихрових областей і закручуванням потоку в парний вихор, як це показано на загальній схемі потоку (рис. 2).

Із наведеної схеми видно, що втрати тиску в коліні викликаються не вигином потоку, а складними явищами вихороутворення. Основною причиною утворення вихрових областей біля зовнішньої та внутрішньої стінок коліна є поля швидкостей. Виникнення парного вихору обумовлює відносно менші втрати тиску. Величина коефіцієнта опору колін не враховує втрати тиску на тертя, отже, під час визначення суми втрат тиску на будь-якій ділянці коліна необхідно до втрат її прямолінійної частини додати втрати скривленої ділянки, що входить до її складу.

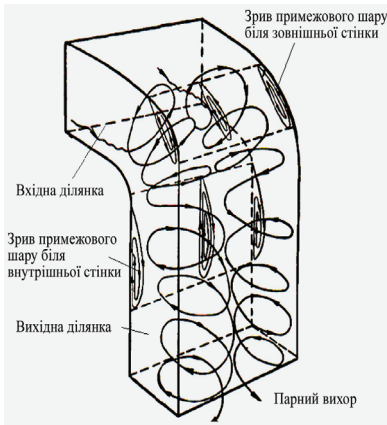


Рис. 2. Схема виникнення парного вихору в зоні повороту потоку

При $Re \geq 10^5$ зміна величини коефіцієнта опору колін настільки незначна, що для розрахунку вихлопних систем її можна вважати незалежною від числа Re , що підтверджено численними результатами експериментів дослідників [2-3],

З огляду на незначну величину відносної шорсткості патрубків можна орієнтуватися на величину коефіцієнта опору колін для гладких колін. Коефіцієнт опору колін із круглими та квадратними поперечними перерізами підвищується у разі збільшення кількості чинників, що підсилюють інтенсивність вихороутворення, тобто при збільшенні кута повороту потоку та зменшенні радіуса закруглення коліна R_k .

Опір колін із гострими крайками $R_k = 0$ досить великий, а втрати спричинюють зменшення тиску, величина якого дорівнює динамічному тиску. Отже, такі коліна використовують інколи і з невеликими кутами повороту.

Дослідження опору колін з радіусом закруглення коліна $R_k = nD$, де $n \geq 1$, вказує на те, що інтенсивність вихороутворення в коліні після $\alpha = 60 \dots 70^\circ$ зростає з явним уповільненням.

Струмені потоку немовби вже придбали необхідний для повороту характер руху, тому при подальшому його повороті не відбуваються вже настільки значні зміни, які спостерігалися під час повороту з відносно малими кутами. У разі збільшення радіуса закруглення R_k / D інтенсивність вихороутворення неминуче повинна зменшитися. При нескінченно великому відношенні R_k / D коліно завертається в пряму трубу, отже, величина вихрових втрат прагне до нуля.

Ускладнювати та збільшувати вартість вентиляційно-вихлопної мережі, збільшуючи радіуси закруглень колін більше ніж на $(2,0 \dots 2,5) D$ не бажано, тому що це майже не впливає на істотне зменшення величини коефіцієнта опору колін.

Збільшення величини n до $n = 5 \dots 8$ є доцільним лише для установок пневматичного транспорту.

Аналіз результатів ряду досліджень коефіцієнта опору коліна приводить до такого загального виразу:

$$\xi_{\text{кн}} = 0,008\alpha^{0,75} / n^{0,6} \quad (1)$$

Вираз (1) точно підтверджує результати безпосередніх вимірів для поширених радіусів закруглень у діапазоні $n = 1 \dots 8$ і $\alpha = 20 \dots 180^\circ$. Він дає можливість розрахувати і виготовляти коліна, що мають кут $15 \dots 18^\circ$. Тобто для коліна з $\alpha = 20^\circ$ необхідно мати 5...6 ланок. Збільшувати кількості дрібних ланок не слід, тому що це не впливає на величину коефіцієнта опору коліна.

На рис. 3 та 4 наведено результати розрахунку коефіцієнта опору від радіуса округлення коліна та кута повороту потоку з метою коригування вихідних даних для розрахунку течії газу в дозвуківому газовому ежекторі.

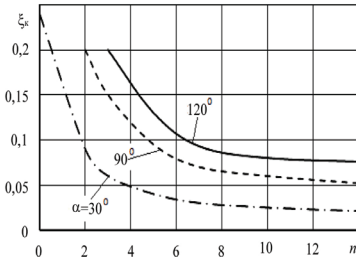


Рис. 3. Залежність коефіцієнта опору від радіуса округлення коліна

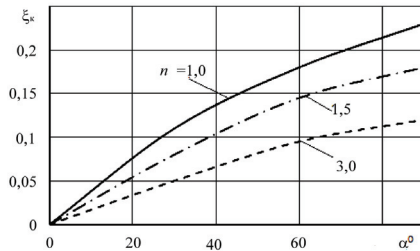


Рис. 4. Залежність коефіцієнта опору від радіуса округлення колін

Вираз (1) можна застосовувати також для розрахунку течії газу в колінах із квадратним поперечним перерізом. Для колін прямокутного перерізу в отриманий результат потрібно внести виправлення, зумовлені відношенням однієї сторони поперечного перерізу h до іншої сторони b .

Висновки

За результатами розрахунку було отримано залежності коефіцієнта опору від радіуса округлення колін та коефіцієнта опору від радіуса округлення колін. Дослідження показали, що поворотні патрубкові вихлопних пристроїв з переходом форми поперечного перерізу з круглої в плоску мають незначні втрати енергії.

Список літератури

1. Дозвуківі газові ежектори екранно-вихлопних пристроїв ГТД : монографія / М. С. Кулик, М. І. Архіпов, П. І. Греков та ін.; за ред. проф. М. С. Кулика. – К. : НАУ, 2014. – 120 с.
2. Аркадов Ю.К. Новые газовые эжекторы и эжекционные процессы. – М.: Физматлит, 2001. – 334 с.
3. Пат. UA 85073 U, МПК F16L 43/00. Спосіб організації робочого процесу в коліні трубопроводу. Пат. UA 85073 U, МПК F16L 43/00 / D.S.Wise (США); McGraw-Hill Inc. - № u 2013 05747; Заявл. 07.05.2013; Опубл. 11.11.2013; Бюл. №21. НКІ 355/68. - 11 с.