

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ДП «АНТОНОВ»



МАТЕРІАЛИ

XII Міжнародної
науково-технічної конференції
“АВІА-2015”

28-29 квітня 2015 року

Київ 2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ДП «АНТОНОВ»

МАТЕРІАЛИ

**ХІІ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
“АВІА-2015”**

28-29 квітня 2015 року

КИЇВ 2015

<i>Ю.О. Белоконь, О.С. Воденнікова</i> Розробка інтерметалідних сплавів для деталей ГТД	20.5
<i>К.І. Капітанчук</i> Основні співвідношення термодинаміки реального газу	20.9
<i>В.В.Козлов</i> Контроль технічного стану газотурбінних установок	20.13
<i>П.І. Греков, К.І. Капітанчук, М.П. Андрійшин, Н.М. Андрійшин</i> Дослідження течії газу в екранно-вихлопних пристроях ГТУ методом розрахунку по кінцевих перерізах	20.22
<i>Б.П. Середа, Д.Б. Середа</i> Поверхностное упрочнение деталей газотурбинных двигателей в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	20.26
<i>Е.В. Дорошенко</i> Методика расчета критических режимов течения в решетках аэродинамических профилей	20.30
<i>Ю.М. Терещенко, Е.В. Дорошенко</i> Влияние густоты решетки аэродинамических профилей на режимы «запираания» течения в межлопаточных каналах	20.34
<i>Ю.Ю. Терещенко, П.В. Гуменюк</i> Численный расчет течения в решетках аэродинамических профилей	20.38
<i>Ю.М. Терещенко, М.И. Кинащук</i> Влияние угла установки аэродинамических профилей на режимы «запираания» течения в межлопаточных каналах	20.42
<i>С.О. Дмитрієв, О.В. Попов, В.Е. Потапов</i> Перспективи використання автоматизованих систем діагностування газотурбінних двигунів на основі гібридних генетичних алгоритмів	20.46
<i>Я.А. Петрук, Б.А. Петрук</i> Методы, программа и установка для исследования термоциклической долговечности авиационных жаропрочных сплавов	20.50
<i>Р.О. Билоус</i> Применение поршневых истребителей как оборонительное средство в условиях гибридной войны	20.54
<i>М.М. Мітрахович, М.І. Кисляк</i> Визначення раціональної моделі турбулентності при розрахунках обтікання лопаткового вінця компресора ГТД	20.58
<u>Секція 22. Міське, промислове, цивільне та транспортне будівництво</u>	
<i>С.А.Целовальник, Д.О.Беспалов, О.В.Чемакіна, Г.М.Агєєва</i> Створення та впровадження інноваційної системи «Транспортна модель Києва»	22.1

*П.І. Греков, к.т.н., К.І. Капітанчук, к.т.н.,
М.П. Андрійшин, к.т.н., Н.М. Андрійшин
(Національний авіаційний університет, Україна)*

Дослідження течії газу в екранно-вихлопних пристроях ГТУ методом розрахунку по кінцевих перерізах

Представлено дослідження течії потоку в газових ежекторах методом розрахунку по кінцевих перерізах для конструювання екранно-вихлопних пристроїв ГТУ

Метод розрахунку по кінцевих перерізах дає можливість розв'язувати будь-які завдання, пов'язані із визначенням розмірів, параметрів і характеристик осевого циліндричного ежектора. В деяких наближеннях його можна застосовувати для розрахунку течії в камері змішування, форма поперечного перерізу якої відмінна від циліндричної [1].

Незалежно від особливостей течії газів при змішуванні, відбувається вирівнювання їх швидкостей уздовж перерізу камери шляхом обміну імпульсами між частинками, що рухаються з різними швидкостями. Процес супроводжується втратами енергії. Крім звичайних гідравлічних втрат на тертя при русі вздовж стінок сопел і камери змішування, для робочого процесу ежектора характерними є втрати, пов'язані з самою істотністю процесу змішування.

Побудова дозвукових газових ежекторів з найменшими втратами енергії при заданій величині коефіцієнта ежекції є одним із основних завдань теоретичних та експериментальних досліджень. Підвищення тиску пасивного газу без безпосередньої участі механічної енергії є основною принциповою відмінністю ежекторних пристроїв різного призначення.

Під характеристикою газового ежектора з відомими геометричними розмірами розуміють залежність коефіцієнта ежекції від зовнішніх параметрів робочого процесу (тиску, температури і швидкості змішуваних потоків та параметрів потоку в камері змішування). Взаємозв'язок основних параметрів дозвукового газового ежектора з параметрами змішуваних потоків на розрахунковому режимі роботи визначено шляхом використання методу розрахунку по кінцевих перерізах. Розрахунки ежекторних пристроїв проводились за уточненою методикою згідно з експериментальними даними за рівних температур активного і пасивного газів [2].

На рис. 1 показано залежність коефіцієнта збереження повного тиску в камері змішування від коефіцієнта ежекції.

Аналіз результатів розрахунків показав, що в разі збільшення коефіцієнта ежекції коефіцієнт збереження повного тиску при змішуванні потоків активного і пасивного газів зменшується. Під час збільшення величини перепаду тиску між ежектором і навколишнім середовищем більшими стають втрати повного тиску в камері змішування дозвукового ежектора.

Отже, повний тиск суміші на виході із камери змішування завжди є меншим за величину повного тиску пасивного газу.

Залежність коефіцієнта збереження повного тиску в камері змішування газового ежектора від перепаду тиску в соплі активного газу показано на рис. 2.

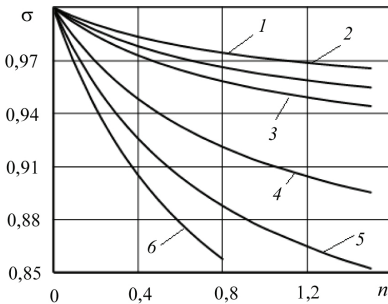


Рис. 1. Залежність коефіцієнта втрат повного тиску в камері змішування дозвукового ежектора від коефіцієнта ежекції:
 1 - $\pi_c = 1,06$; 2 - $\pi_c = 1,08$; 3 - $\pi_c = 1,1$;
 4 - $\pi_c = 1,2$; 5 - $\pi_c = 1,3$; 6 - $\pi_c = 1,4$

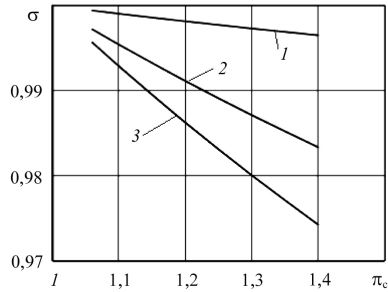


Рис. 2. Залежність коефіцієнта втрат повного тиску в камері змішування дозвукового ежектора від перепаду тиску в соплі пасивного газу:
 1 - $n = 0,01$; 2 - $n = 0,05$; 3 - $n = 0,08$

Збільшення перепаду тиску в соплі активного газу підсилює процес зменшення коефіцієнта збереження повного тиску в камері змішування газового ежектора. Аналіз результатів розрахунків показав, що збільшення перепаду тиску в соплі активного газу призводить до нелінійної зміни залежності відношення швидкостей у соплах активного і пасивного газів. У разі збільшення перепаду тиску інтенсивність зростання різниці швидкостей активного і пасивного газів зменшується.

Однак, чим більшою є різниця величин швидкостей, тим більшою є величина ударних втрат при змішуванні, що призводить до зменшення коефіцієнта збереження повного тиску. Збільшення коефіцієнта ежекції також спричинює зменшення відношення швидкостей пасивного і активного газів, отже, призводить до зменшення величини коефіцієнта збереження повного тиску.

При проектуванні дозвукового газового ежектора такі висновки є важливими для забезпечення заданих характеристик потоку на виході із дозвукового газового ежектора та забезпечення мінімальних втрат енергії.

Дослідження показали, що застосування камер змішування, що звужуються, при дозвукових швидкостях дозволяє за рахунок зменшення різниці швидкостей потоків активного і пасивного газів зменшити втрати на удар, тому що процес змішування відбувається в потоці, що прискорюється. Збільшення вихідної швидкості може спричинити зростання втрат у дифузорі, а також, що максимальна швидкість на виході із камери змішування обмежена перепадом тиску в ньому [3].

Для отримання найменших втрат бажано збільшувати швидкість пасивного газу таким чином, щоб якнайбільше наблизити величину швидкості пасивного газу до швидкості активного газу на вході до камери змішування з метою найвигіднішого протікання процесу змішування.

Аналіз проведених досліджень показує, що під час зміни температури одного із газів витрата і швидкість іншого, а також статичний тиск на вході до камери змішування залишаються незмінними.

Цей висновок відображено на рис. 3. Експериментальні дослідження підтверджують дані висновки, які збігаються з дослідженнями, запропонованими в роботах [3].

У загальному випадку величина втрат повного тиску на змішування потоків у газовому ежекторі та його лінійні розміри істотно залежать не тільки від перепаду тиску в соплі, форми камери змішування, величини коефіцієнта ежекції, а також від його конструктивного конпоунування.

Проектуючи ежектор, важливо правильно вибрати довжину камери змішування, яка повинна забезпечити достатньо повне вирівнювання поля швидкостей у поперечному перерізі потоку. Необхідну довжину камери змішування можна істотно скоротити, якщо роздібнити потік, що ежекується, на кілька струменів за рахунок застосування багатоконтурної пелюсткової конструкції. Експериментальні дослідження показали, що оптимальна довжина такої камери змішування становить 2...3 діаметра.

Застосування перфорованої пелюсткової конструкції дозволяє зменшити довжину камери змішування до 1,5... 2 діаметрів. Залежність коефіцієнта збереження повного тиску в камері змішування газового ежектора від площі вихідного перерізу сопла одновального ГТУ при незмінній частоті обертання ротора показано на рис. 4.

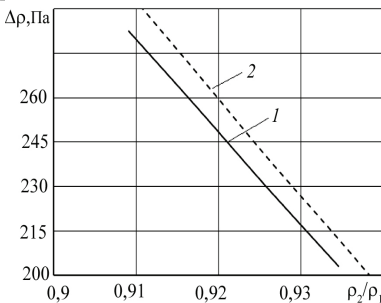


Рис. 3. Залежність різниці повного та статичного тисків у соплі пасивного газу від відношення тисків пасивного та активного газів:
 $1 - \alpha = 0,2$; $2 - \alpha = 0,35$

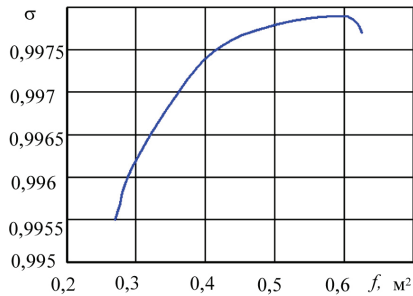


Рис. 4. Залежність коефіцієнта збереження повного тиску в камері змішування газового ежектора від площі вихідного перерізу сопла ГТУ при незмінній частоті обертання ротора

Характеристика газового ежектора вказує на умови, в яких працює ежектор при заданих геометричних розмірах на змінних режимах, коли виникають додаткові втрати енергії в камері змішування.

Залежність відношення величин швидкостей пасивного та активного газів ежектора від площі вихідного перерізу сопла ГТУ показано на рис. 5.

Результати проведених досліджень та їх узагальнення показали, що величина перепаду тиску в соплі газотурбінної установки накладає обмеження на можливість досягнення мінімальної температури суміші газів (рис. 6).

Розрахунки були проведені за умови рівності відношення статичних тисків низьконапірного і високонапірного потоків на зрізі сопел.

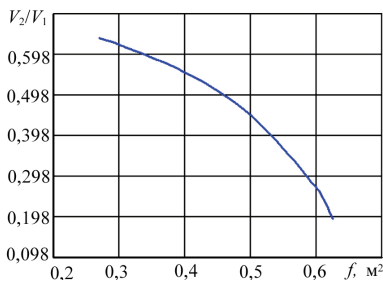


Рис. 5. Залежність відношення швидкостей другого і першого контурів газового ежектора від площі вихідного перерізу сопла ГТУ

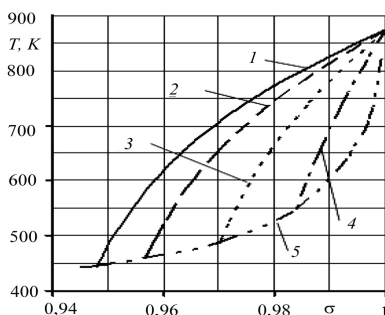


Рис. 6. Зміна температури суміші газів від коефіцієнта збереження повного тиску за різних величин перепаду тиску в соплі:
 1 – $\pi_c = 1,075$; 2 – $\pi_c = 1,066$; 3 – $\pi_c = 1,051$; 4 – $\pi_c = 1,034$; 5 – лінія мінімально можливих величин температури на виході з камери змішування

Для однієї і тієї ж температури змішування величина коефіцієнта збереження повного тиску в ежекторі зменшується під час збільшення перепаду тиску в соплі. Причиною є збільшення різниці швидкостей потоків, що призводить до підвищення ударних втрат при змішуванні. Основною причиною незначного збільшення ефективності камер змішування, що звужуються, при дозвукових швидкостях є зменшення різниці швидкостей потоків і зниження ударних втрат при змішуванні, тому що процес змішування відбувається в потоці, що прискорюється.

Висновки

За результатами розрахунку було отримано залежності коефіцієнта збереження повного тиску в камері змішування від коефіцієнта ежекції, перепаду тиску в соплі активного газу та площі вихідного перерізу сопла, різниці повного та статичного тиску в соплі пасивного газу від відношення тисків пасивного і активного газів та змінення температури суміші газів від коефіцієнта збереження повного тиску за різних величин перепаду тиску в соплі.

Список літератури

1. Грабарник С. Я. Численный метод расчета вязкого течения в трехмерном канале произвольной формы / С.Я. Грабарник, Д.С. Цепов // Математическое моделирование, 1998. – Т.10. – №10. – С. 103–111.
2. Аркадов Ю.К. Новые газовые эжекторы и эжекционные процессы. – М.: Физматлит, 2001. – 334 с.
3. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении. – М.-Л.: Машиностроение, 1965. – 480 с.