

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



МАТЕРІАЛИ

X Міжнародної
науково-технічної конференції
“АВІА-2011”

19-21 КВІТНЯ

ТОМ II

Київ 2011

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

МАТЕРІАЛИ
X МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
„АВІА-2011”

19-21 квітня

Том 2

Київ 2011

А.В. Скрипец, В.Н. Краснов, А.А. Ильченко ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ И НЕРОВНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ПОЛОС	9.60
Л.М. Ситнянських, О.Г. Ситник ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ АВІОНІКИ, ВИМОГИ ТА ОСОБЛИВОСТІ КРИТЕРІЇВ ЇХ ОЦІНКИ	9.64
О.Р. Царик, О.Ю. Буров, О.Є. Стрижак ЗАСОБИ ФОРМУВАННЯ НАВЧАЛЬНО-ОПЕРАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ АВІАЦІЇ	9.68
І.Г. Прокопенко, М.С. Пулінець КОМП'ЮТЕРНА БАГАТОКАНАЛЬНА СИСТЕМА РЕЄСТРАЦІЇ ТА ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ЗВУКОВОГО ДІАПАЗОНУ	9.72
І.Г. Прокопенко, С.В. Мігель, Д.В. Бабіч МОДЕЛЮВАННЯ СИГНАЛІВ, ВІДБИТИХ ВІД РУХОМИХ ЦІЛЕЙ З УРАХУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ ТРАЄКТОРІЇ	9.76

Секція 10. Авіаційна англійська мова та безпека польотів

О.П. Петрашук, Л.С. Немлій КОМУНІКАТИВНІ УМІННЯ ДИСПЕТЧЕРА-ІНСТРУКТОРА ПІД ЧАС ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ДИСПЕТЧЕРІВ-СТАЖЕРІВ НА ТРЕНАЖЕРНОМУ КОМПЛЕКСІ	10.1
О.О. Петрова ТИПИ ТЕСТІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ВОЛОДІННЯ АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ МАЙБУТНІМИ АВІАДИСПЕТЧЕРАМИ У ПРОЦЕСІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ	10.4
Vitaliy Prystupa TEACHING PRONUNCIATION TO AB INITIAL ATCS	10.7
Т.І. Гріхно ПРОГРАМОВАНІ ЗАСОБИ НАВЧАННЯ ЯК ПЕРЕДУМОВА ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ З БЕЗПЕКИ РУХУ	10.10
К.О. Поворозник ЛІНГВІСТИЧНА СКЛАДОВА ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ ЯК НЕВІД'ЄМНА ЧАСТИНА ПРОФЕСІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ФАХІВЦІВ АЕРОНАВІГАЦІЇ	10.12
О.М. Питель ВПРОВАДЖЕННЯ КОМПЕТЕНТІСНОГО ПІДХОДУ ДО ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ – МАЙБУТНІХ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ	10.15
А.Н. Витряк, Б.Я. Слепак ЛИНГВИСТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	10.17

Секція 11. Енергетичне устаткування

Н.С. Кулик, И.Ф. Кинашук, Ф.И. Кирчу ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ В ЗАДАЧАХ ЧИСЛЕННОЙ ГАЗОДИНАМИКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПРЕССОРНЫХ РЕШЕТОК	11.1
С.Ю. Гуз ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗМІЩЕНЬ ТУРБУЛІЗАТОРІВ В ЛОПАТКОВИХ ВІНЦЯХ ОСЬОВОГО КОМПРЕСОРА	11.5

В.В. Панін, І.І. Гвоздецький, А.П. Вознюк ВПЛИВ РАДІАЛЬНИХ ЗАЗОРІВ НА ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ РОБОТИ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ АВІАЦІЙНОГО ТА НАЗЕМНОГО ЗАСТОСУВАННЯ	11.9
М.Ю. Богданов, Г.М. Нікітіна, В.В. Роздобудько, В.М. Зюзьков, ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЩІЛИННИХ ЛОПАТКОВИХ ВІНЦІВ В КОМПРЕСОРАХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК	11.13
И.Н. Новиков, М.В. Ганин ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ КАМЕР СГОРАНИЯ ВИХРЕВОГО ПРОТИВОТОЧНОГО ТИПА	11.17
І.О. Ластівка ОЦІНКА КОЛОВОЇ НЕРІВНОМІРНОСТІ ПОТОКУ В КОМПРЕСОРАХ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ	11.21
О.П. Мазур, П.І. Куничник, К.С. Кулик ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДОЗВУКОВОГО БЕЗВІДРИВНОГО ФЛАТЕРА ЛОПАТОК ОСЬОВИХ КОМПРЕСОРИВ ГТД	11.25
Э.П. Ясиницкий, И.Э. Ясиницкая, С.В. Лозня, С.А. Пустовой ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВОЙ САУ ГТД	11.29
П.І. Греков, К.І. Капітанчук, В.В. Козлов, Ю.Ю. Терещенко ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОВИХ ЕЖЕКТОРИВ ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПІДКАПОТНОГО ПРОСТОРУ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ	11.33
И.П. Лавров, М.В. Ганин ПРИМЕНЕНИЕ ТОПЛИВОВОДЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В ТЕПЛОВЫХ МАШИНАХ	11.37
А.А. Лапцевич, Л.И. Гречихин, Н.Г. Куць ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БАЗА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	11.41
Секція 12. Новітні триботехнології	
О.І. Духота, О.В. Тісов, Т.С. Черепова ВПЛИВ ДЕЯКИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ТРИБОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКОВИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Co-TiC	12.1
М.В. Киндрачук, А.Л. Шевченко ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ АЗОТИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ВТ6	12.5
С.В. Федорчук ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЗНОСОСТОЙКОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА	12.11
О.С. Супрунович МАГНІЄВІ СПЛАВИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ - СЬОГОДЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ	12.15
О.М. Маковкін, І.Б. Прунько, В.В. Негрич, Ю.І. Богатчук ВИПРОБУВАННЯ СТАЛЬНИХ ЗРАЗКІВ НА ЗНОС ПРИ ЇХ ВЗАЄМОДІЇ З АБРАЗИВНИМИ ЗЕРНАМИ, ПРУЖНОЗАКРІПЛЕНИМИ В ЕЛАСТИЧНОМУ КОНТРТЛІ	12.19
Ю.Л. Хлевна ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИПРАЦЮВАННЯ В АНТИФРИКЦІЙНИХ СИСТЕМАХ	12.23
	12.27

*П.І. Греков, канд. техн. наук, К.І. Капітанчук, канд. техн. наук,
В.В. Козлов, канд. техн. наук, Ю.Ю. Терещенко
(Національний авіаційний університет, Україна)*

ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОВИХ ЕЖЕКТОРІВ ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПІДКАПОТНОГО ПРОСТОРУ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

В статті розглянуті шляхи забезпечення надійної вентиляції підкапотного простору літального апарату або контейнера ГТУ. Показано, що вирішення цієї проблеми можливо за рахунок використання ежекції повітря з підкапотного простору ГТД за рахунок енергії вихлопних газів, швидкісного напору, або встановлення додаткових вентиляторів. Експериментальні дослідження показали, що застосування газових ежекторів є більш ефективним.

Дослідження ежекторів, у яких змішуються потоки нестисливої рідини, почалися ще майже 80 років тому [1]. Основні труднощі теоретичного визначення характеристик ежектора складаються в складності опису самого процесу турбулентного змішання струменів, їхньої взаємодії в просторі, обмеженому твердими стінками так званої "камери змішання", що не є по суті "камерою", тому що має постійно відкриті вхід і вихід. Проте, цей термін є загальноприйнятим.

Для розрахунку сумарних характеристик ежектора звичайно застосовуються рівняння руху середовищ між початковим і кінцевим перетином циліндричної камери змішання. У вітчизняній літературі [1, 2] для розрахунку течії в ежекторі застосовувалася напівемпірична теорія турбулентних струменів Г.Н. Абрамовича.

Роботи з дослідження та удосконалювання газових ежекторів активно тривають і в цей час [3,4], причому значна частина досліджень проводиться в напрямках удосконалення газодобувної та газопереробної техніки, важливих для нинішньої економіки.

Ежектори також широко застосовуються в аеродинамічних трубах для збільшення витрати повітря, у якості ексгаустера для створення зниженого тиску в деякому об'ємі, у газозбірних мережах, для збільшення реактивної тяги літальних апаратів шляхом підмішування зовнішнього повітря до струменя газу сопла реактивного двигуна, в екранно-вихлопних пристроях (ЕВП) ГТД літальних апаратів, для вентиляції контейнера ГТУ компресорної станції та підкапотного простору літальних апаратів.

Попередній розрахунок газових ежекторів має особливе значення при подальшому їх практичному використанні. Не врахування особливостей розрахунку газових ежекторів при подальшому їх практичному використанні приводить до неузгоджених режимів роботи з об'єктами на які вони встановлені. Наприклад, при роботі газового ежектора в системі вентиляції підкапотного простору літального апарату або контейнера газотурбінної установки (ГТУ), може відбутися викид вихлопних газів через сопло ежекуємого газу в контейнер, що частіше призводить до втрати роботоздатності ГТУ та системи автоматичного регулювання ГТД літального апарату. Відомі підходи до визначення вихідних даних для активного газу, параметрів потоку активного та пасивного газу на вході в камеру змішування, а також визначення геометричних параметрів на виході із камери змішування, особливо, змінної площі по довжині або не розглядалися або потребують уточнення. Розрахунок газового ежектора за допомогою газодинамічних функцій та теорії турбулентних струменів [3] навіть в тому випадку коли задані всі параметри потоку на вході в сопло активного та пасивного газу є проблематичним з точки зору збіжності з експериментом.

В першу чергу це обумовлено тим, що при змішуванні газів в камері змішування статичний тиск газів не остається постійним. Це відноситься до дійсно можливих форм камер змішування. Камеру змішування з постійним статичним тиском по довжині можна рахувати як гранично можливий випадок існування камери, яка звужується.

На рис.1 наведена фотографія течії потоку в початковій ділянці камери змішування газового ежектора при дозвуковому витіканні активної газової струї. Із рисунка видно, що на

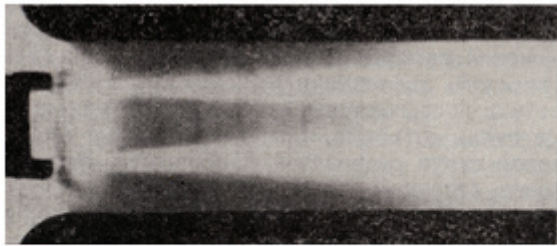


Рис. 1 Шрілен-фотографія потоку в камері змішування плоского ежектора при дозвуковому режимі течії газу із сопла

вході в камеру змішування густина потоків активного та пасивного газів однакова. В наступних перерізах потоки активного та пасивного газу розділяються з подальшим перемішуванням. Схема ГТУ в контейнері з зовнішніми нагнітачами повітря в контейнер показана на рис.2. В даному випадку повітря в контейнер поступає примусово від компресорів (нагнітачів). На практиці для забезпечення розрахункової температури в контейнері необхідно мати для одного контейнера два нагнітачі потужністю приблизно до 35 кВт.

Можливі дві схеми відводу повітря з контейнера:

- відвід повітря з контейнера в газовипускний тракт зі швидкістю c_4 ;
- відвід повітря через отвори в контейнері в атмосферу зі швидкістю c_4' .

В першому випадку компресор повинен забезпечити надлишковий тиск більший ніж тиск за силовою турбіною ГТУ, що призводить до значних додаткових витрат енергії. В другому випадку необхідно забезпечити відвід повітря в атмосферу, що потребує встановлення додаткових відвідних каналів.

Недоліком використання незалежних вентиляторів (нагнітачів) є те, що при їхній відмові відбувається порушення температурного режиму елементів двигуна і його систем. У таких випадках необхідно встановлювати додаткову автоматичну систему аварійного відключення двигуна при виході з ладу вентилятора наддування повітря.

Аналіз шляхів забезпечення надійної вентиляції контейнера ГТУ або підкапотного простору літального апарату показав, що вирішення цієї проблеми можливо за рахунок використання ежекції повітря з підкапотного простору за рахунок енергії вихлопних газів ГТД.

Ежектор може забезпечувати як надійну вентиляцію контейнера ГТД так і зниження шуму вихлопних газів.

З другої сторони вихідний пристрій ежекторного типу впливає також і на характеристики ГТД. Тому розробка вихідного пристрою з оптимальним ежектором для ГТД набуває особливого значення.

Схема ГТД в контейнері (підкапотному просторі) з ежекторним вихідним пристроєм показана на рис.3. Повітря з навколишнього середовища зі швидкістю C_2 поступає в підкапотний простір 2 при температурі навколишнього середовища. ГТД 1 віддає частину тепла через корпус повітря яке рухається подовж контейнера. На виході з контейнер температура повітря матиме значення T_3 . Повітря з контейнер 2 поступає в ежекторний пристрій 3 і далі за рахунок ежекції в відвідний канал (сопло або ЕВП).

Недоліком використання ежектора для вентиляції підкапотного простору є те, що на режимах малих швидкостей та перепадів тиску можливі нестійкі режими роботи ежектора і як наслідок попадання вихлопних газів через сопло пасивного газу в контейнер.

Наявність ежекторного пристрою, який призначений для вентиляції повітря в контейнері ГТУ також призводить до додаткових втрат енергії обумовлених змішуванням потоків газу, який ежектує та газу, який ежектується.

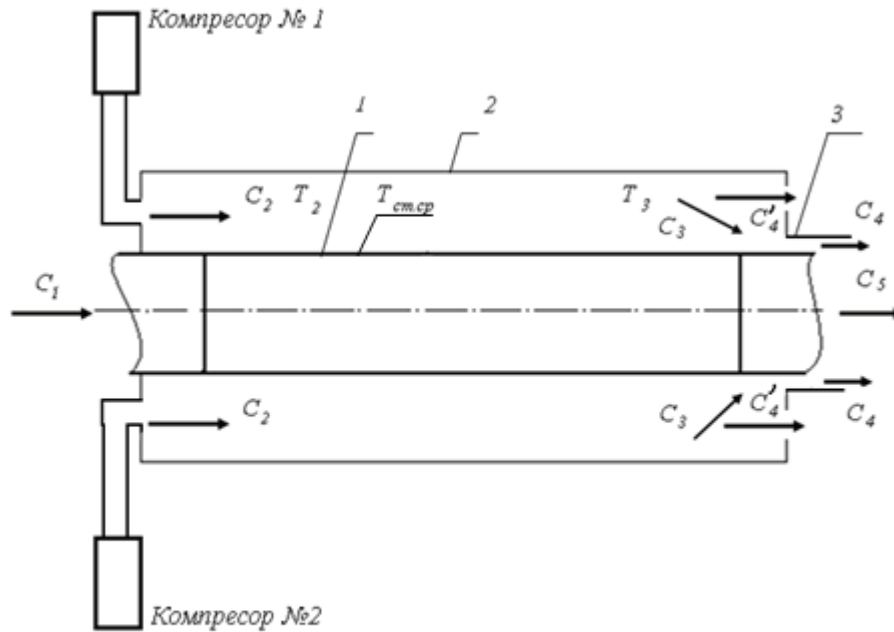


Рис. 2 Схема ГТУ в контейнері з зовнішніми нагнітачами повітря в контейнер

Вихідними даними для розрахунку витрати повітря через підкапотний простір є:

T_n - температура зовнішнього повітря;

T_{cm} - середня температура корпусу ГТУ;

C_2 - швидкість течії повітря в контейнері (в першому наближенні);

l_m - довжина поверхні теплообміну;

d - середній діаметр корпусу ГТУ;

Задачі розрахунку:

- визначити тепловий потік від стінки ГТУ до потоку повітря в контейнері;
- визначити необхідну витрату повітря через контейнер.

Алгоритм розрахунку.

Середня температура повітря в першому наближенні

$$T_{cp} = \frac{T_{cm} + T_n}{2}.$$

Параметри повітря $\lambda, \mu, c_p, \rho = f(T_{cp})$.

Критерій Рейнольдса

$$Re = \frac{v \cdot l_m}{\nu}.$$

Критерій Прандтля

$$Pr = \frac{v \cdot c_p}{\lambda}.$$

Критерій Нуссельта

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha = \frac{\lambda \cdot Nu}{l_m}.$$

Тепловий потік від стінки до повітря в контейнері

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (T_{cm} - T_n).$$

В контейнері підтримується задана температура повітря $T_{зад} = 305K$.

Температура на виході з контейнера (на вході в ежектор визначиться як

$$T_{вих} = 2(T_{зад} + T_{cm}) - T_n$$

Витрата повітря через контейнер

$$G = \frac{Q}{c_p \cdot (T_{вих} - T_n)}$$

Тоді необхідний коефіцієнт ежекції визначиться як

$$n = \frac{G}{G_c}, \text{ де } G_c - \text{ витрата газу через сопло ГТД.}$$

Дослідження на натурному ГТД (рис. 4) також показали, що для забезпечення витрати повітря 1 кг/сек для двигуна типу ТВ3-117 необхідний коефіцієнт ежекції повинен дорівнювати $n=0,008$. Втрати повного тиску в ежекторі на змішування при даному коефіцієнті ежекції будуть становити 0,3% при умові відсутності вторинних та зворотних течій на вході в камеру змішування. З врахуванням їх наявності втрати повного тиску в ежекторі складатимуть значно більшу величину.



Рис. 4 Дослідний зразок газового ежектора на стаціонарному ГТД

Висновки

Газові ежектори є ефективним засобом вирішення питань вентиляції повітря контейнера. Наявність газового ежектора в вихідному пристрої ГТУ супроводжується додатковими втратами енергій. Дослідження дослідних зразків ежекторів на стаціонарному ГТД показало, що оптимальним з точки зору менших втрат енергії на змішування є ежектор з зовнішнім та внутрішнім соплами другого контуру. Ежектор з пелюстковою камерою змішування забезпечує інтенсифікацію змішування потоків, але при значно більших втратах енергії (на 2...3%).

Список літератури

1. ElrodG, The Theory of Ejectors //Journ. Appl. Mech., 1945, № 3.
2. Соколов Е.Я., Зингер Н. М. Струйные аппараты. - М.: Энергия, 1970.
3. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. ч.1: Учеб. Руководство: Для вузов. - М.: Наука, 1991. – 600 с.
4. Аркадов Ю.К. Новые газовые эжекторы и эжекционные процессы. – М.: Физматлит, 2001. – 334 с.