

УДК 629.735.33.015.3.024

В.Д. Дони́к, канд. техн. наук

АЕРОАКУСТИЧНІ ПРОЦЕСИ ВИТІКАННЯ ГАЗУ З ВІДСІКУ ЧЕРЕЗ ЗАЗОР

Кафедра безпеки життєдіяльності, НАУ, e-mail: nr@rkelsoll.kiev.ua

*Розроблено метод визначення аеродинамічного шуму при витіканні газу з відсіку через зазор. Проведено дослідження процесів утворення і поширення шуму в зазорі.***Вступ**

В авіаційній промисловості й інших галузях народного господарства широко застосовують пристрої, в яких витікання газу з резервуара, відсіку, камери відбувається через зазор. Як регулюючий елемент пристрою найчастіше використовують пластину чи конус.

У процесі витікання газу через зазор відбувається зміна газодинамічних параметрів і утворення аеродинамічного шуму. Витікання газу через зазор впливає на зміну параметрів газу у відсіку і середовищі, в яке відбувається витікання газу. Процеси утворення і поширення шуму в зазорі впливають на процеси перетворення енергії потоку і на навколишнє середовище.

Аналіз публікацій

Комплексні заходи щодо зниження шуму на виробництві, основні методи і способи боротьби з шумом на виробництві наведено в праці [1]. Особливу увагу приділено методам зниження шуму в джерелі виникнення, запропоновано різні методи зниження вібрації і шуму від устаткування, машин.

У праці [2] викладено результати досліджень акустичних характеристик літаків і вертольотів, комплексний підхід до зниження шуму літаків різних класів, розглянуто методи оцінки і нормування шуму, запропоновано методика розрахунку ближнього акустичного поля реактивного струменя і практичні прийоми розрахунку основних джерел шуму реактивних літаків.

Питання нормування шуму літаків і експлуатаційні методи зниження шуму на місцевості, методика вибору оптимального режиму експлуатації літаків подано в праці [3], де розглянуто комплексний підхід до проблеми зниження шуму літака з урахуванням охорони навколишнього середовища й економії авіаційного палива, різні методи зниження шуму на транспорті.

У праці [4] розглянуто різні випадки джерел утворення, поширення і зменшення шумів аерогідромеханічного походження, методи і засоби зниження шуму на конкретних виробничих процесах, нормативні вимоги щодо шуму на транспорті, у т. ч. авіації, досліджено методи зниження шуму, наведено норми шуму в США.

Автори праці [4] виклали основні загальнонаукові питання аерогідромеханічного шуму, що дозволяє розширити галузь практичного застосування результатів досліджень.

У праці [5] наведено результати експериментальних досліджень вихрових клапанів з осьовим, осьоворадіальним і щілинним дифузорами. Максимальну пропускну здатність має вихровий підсилювач зі щілинним дифузором з коефіцієнтом витрати $\mu = 1,91$. Робоча характеристика дифузора має дві гістерезисні зони східчастої зміни витрати.

Дослідження газодинамічних процесів витікання газу з відсіку через отвір подано в працях [6–8]. Вивчено різні випадки витікання газу з відсіку й отримано математичні моделі зміни параметрів газу всередині відсіку. Проведено дослідження математичних моделей у загальмованому потоці під час підведення і відведення повітря. Розроблені моделі описують процеси всередині відсіку з достатньою для практики точністю.

Основні методи вимірювання, обробки, запису вібрації і коливальних процесів наведено в праці [9].

Особливу увагу приділено фізичним основам тих чи інших методів вимірювання, можливостям, що відбуваються в нових приладах і пристроях акустичних вимірювань. Розглянуто методи моделювання витікання газу при акустичних вимірюваннях.

Актуальність проблеми

Підставою для проведення досліджень процесів витікання газу з відсіку через зазор стало підвищення вимог до даного класу задач і розширення області розв'язуваних задач.

Дослідження процесів аеродинаміки й утворення аеродинамічного шуму являє собою одну зі складних і важливих задач при створенні й експлуатації пасажирських літаків.

Мета досліджень

Аналіз опублікованих робіт показує, що недостатньо вивчено процеси аеродинаміки й утворення аеродинамічного шуму при витіканні газу через зазор.

Метою даної роботи є вивчення аеродинамічного шуму в зазорі при витіканні газу з відсіку.

Для досягнення мети потрібно вирішити такі задачі:
 – розробити методику проведення досліджень процесів утворення аеродинамічного шуму потоку, що рухається, у зазорі при витіканні газу з відсіку;
 – провести експериментальні дослідження аеродинамічного шуму в зазорі.

Методика проведення досліджень

Для дослідження аероакустичних процесів витікання газу через зазор розроблений стенд, що містить трубопровід (відсік) 6 із внутрішнім $D_1=0,07$ м і зовнішнім $D_2=0,13$ м діаметрами (рис. 1).

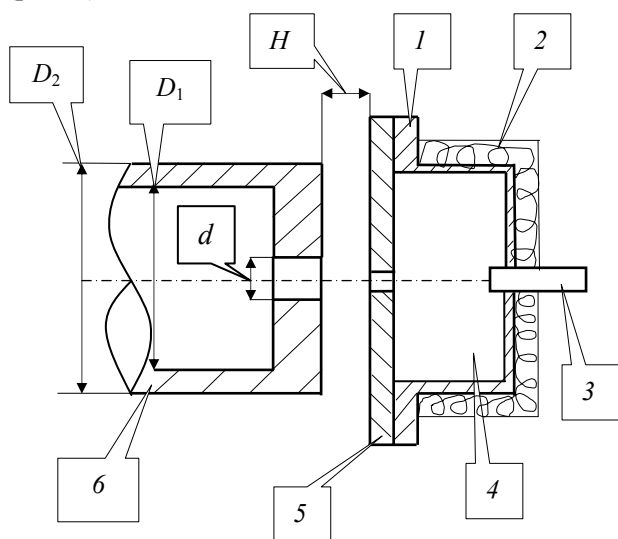


Рис. 1. Структурна схема стенда для проведення аероакустичних досліджень:

1 – корпус; 2 – звукопоглинальний матеріал; 3 – мікрофон; 4 – камера; 5 – пластина; 6 – трубопровід

Газ із відсіку виходить у навколишній простір через отвір діаметром d .

На відстані H від відсіку встановлена пластина 5. По осі пластини виконаний отвір з гострими краями діаметром 1,5 мм.

Пластина 5 і корпус 1 утворюють камеру 4. Обсяг камери 4 становить $V=0,00138$ м³.

У середині камери 4 по осі пластини 5 і корпусу 1 встановлений мікрофон 3.

Між корпусом 1 і мікрофоном 3 встановлене гумове ущільнення, що забезпечує герметичність і звукоізоляцію камери 4.

Зовнішня сторона корпусу 1 покрита звукопоглинальним матеріалом ВТ-4С товщиною 15 мм.

На вхід у відсік 6 від джерела стиснутого газу подається газ із заданим надлишковим тиском P і масовою витратою G .

Повітря проходить по трубопроводу 6 через отвір d у зазор між корпусом трубопроводу і пластиною 5.

У зазорі H потік газу змінює свій напрямок і виходить у навколишній простір.

Пластина 5 встановлена перпендикулярно струменю, що виходить з отвору d .

Діаметр пластини 5 значно перевищує зовнішній діаметр відсіку D_2 , що дозволяє переміщати пластину разом із камерою 4 в одній площині щодо осі трубопроводу без зміни характеру витікання газу через зазор.

Для вибраного зазору H робимо переміщення осі камери 4 у радіальному напрямку (радіус h).

У кожному вибраному положенні в камері 4 проводимо вимірювання рівня звукового тиску (РЗТ).

За РЗТ у камері 4 визначаємо шум потоку, що рухається у зазорі між трубопроводом і пластиною 5.

Сполучимо осі отворів d і отвору в пластині 5. Переміщаючи камеру 4 уздовж осі трубопроводу 6, визначимо РЗТ для різних положень зазору H . Установка мікрофона 3 у камері 4 дозволяє вимірювати РЗТ практично на всіх ділянках зазору і у всьому діапазоні швидкостей потоку на виході з трубопроводу 6.

У цьому випадку камера 4 використовується мікрофоном для одержання стійких оцінок РЗТ, а пластина 5 із трубопроводом 6 утворюють досліджуваний зазор.

Застосування тільки одного мікрофона без камери 4 можливо тільки при малих швидкостях потоку, коли на мікрофоні не утворюються значні пульсації потоку.

При швидкості повітря на виході з відсіку більше ніж 10–15 м/с використовувати мікрофон для вимірювання шуму потоку практично не можливо. Наявність цих недоліків послужила приводом до створення пристрою для вимірювання шуму в зазорі.

Для зменшення впливу навколишнього простору на акустичні характеристики потоку в зазорі корпус 1 із зовнішнього боку покритий звукопоглинальним матеріалом 2.

Корпус 1 забезпечує максимальне відображення звукових хвиль, що проникають у камеру 4 через отвір у пластині 5.

Така конструкція камери дозволяє звести до мінімуму вплив мікрофона на потік, що рухається, і зменшити розсіювання енергії потоку в навколишній простір.

Для визначення ступеня впливу обертання на процеси утворення і поширення шуму між трубопроводом 6 і пластиною 5 додатково встановлюється диск (нерухомий і обертовий) в області мінімального силового впливу потоку вздовж осі трубопроводу.

Аероакустичні дослідження

Експериментальні аероакустичні дослідження проведено при розташуванні осей отворів на виході з відсіку b і в пластині 5 (рис. 1) уздовж однієї лінії (рис. 2).

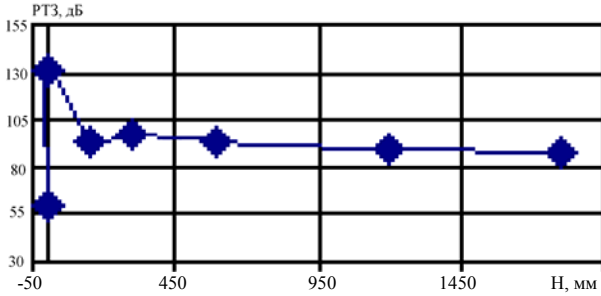


Рис. 2. Вплив зазору на сумарний РЗТ у камері

Один із характерних режимів витікання газу становить:

$G = 54$ кг/год;

$P = 0,15 \cdot 10^5$ Па.

Зменшення зазору H від 1800 до 300 мм призводить до збільшення сумарного РЗТ від 87,7 до 97,9 дБ. Наступне зменшення зазору призводить до зменшення шуму до 94,3 дБ. У цій області витікання газу через зазор робить мінімальний силовий вплив потоку на пластину вздовж осі трубопроводу b (рис. 1).

При незначному зменшенні зазору відбувається збільшення шуму до 132 дБ.

Взаємодія потоку з пластинною 5 має хиткий характер, що виявляється у вигляді зміни силового впливу потоку на пластину 5 .

Зменшення зазору до $H \approx 0$ супроводжується зменшенням шуму. Якщо $H \approx 0$, а пластинна і трубопровід b не мають щілин, то витрати повітря $G = 0$ й не виникає шум у зазорі.

При виготовленні деталей між трубопроводом b і пластинною 5 на практиці утвориться технологічна щілина. Через таку щілину відбувається витікання газу, що викликає утворення шуму (62 дБ). У разі витрати повітря $G = 65\text{--}70$ кг/год і тиску $P = 4,4 \cdot 10^5$ Па пластинна 5 піддається мінімальному силовому впливу вздовж осі трубопроводу b при зазорі $H = 0\text{--}0,6$ мм (рис. 3).

Сумарний РЗТ по осі трубопроводу становить 109,8 дБ. Зі збільшенням радіуса h рівень шуму підвищується і досягає максимального значення 112,4 дБ при $h \approx d/2$ (рис. 3).

Подальше збільшення радіуса h призводить до зменшення шуму до 90 дБ при $h = 48$ мм. Якщо радіус $h > 48$ мм, рівень шуму зростає і досягає значення 97 дБ.

Максимальний рівень шуму отриманий при $h = 65$ мм, коли потік газу виходить із зазору в навколишній простір.

Розташуємо камеру 4 по одній осі з відсіком b на відстані $H = 0,3$ м. Між відсіком b і пластинною 5 установимо перпендикулярно потоку диск діаметром 0,13 м.

Під час подачі повітря у відсік b з витратою $G = 32$ кг/год і тиском $P = 0,18 \cdot 10^5$ Па диск вагою 3,3 г утримується потоком повітря.

Результати вимірювання шуму в камері наведено на рис. 4.

На диск із боку потоку, що набігає, приклеїмо дві пластини шириною 5 мм і товщиною 0,15 мм. Пластини розміщено в протилежних боках від вертикальної осі диска по дотичній до діаметру 70 мм під кутом 180° і не виходять за зовнішній діаметр диска.

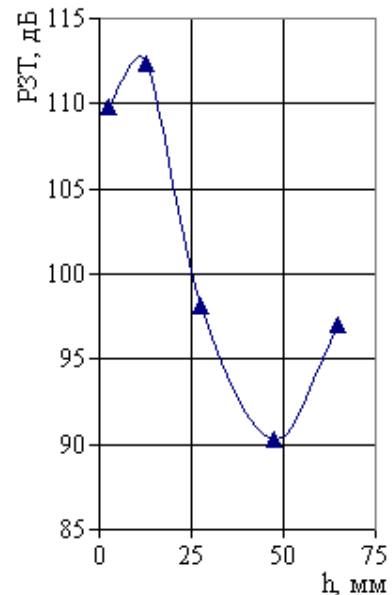


Рис. 3. Зміна сумарного РЗТ щодо осі трубопроводу

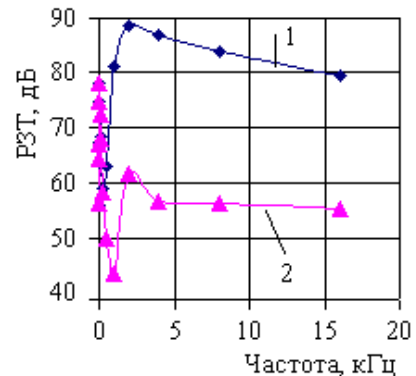


Рис. 4. Октавний спектр шуму залежно від стану диска:
1 – диск нерухомий; 2 – диск обертається

На вхід відсіку подамо повітря з параметрами, аналогічними попередньому досліді.

За рахунок установлених пластин диск буде обертатися щодо осі відсіку і утримуватися потоком повітря.

Порівняльний аналіз випробувань диска показує, що в області низьких частот до 500 Гц рівні шуму в двох варіантів диска практично не відрізняються.

На частотах 500 Гц і вище отримане зниження рівня шуму на 13–37,5 дБ.

Максимальне зниження шуму досягнуте на частоті 1000 Гц.

За результатами проведених досліджень були розроблені пристрої [10; 11].

Висновки

1. Уперше розроблено і використано методику вимірювання шуму при витіканні газу з відсіку через зазор. Шум струменя уздовж осі відсіку при зазорі більш 500 мм монотонно убуває. При зазорі менш 500 мм шум струменя змінюється у діапазоні 70–80 дБ і може досягати 132 дБ.

2. Уперше досліджено обертання диска на виході газу з відсіку, що може приводити до зниження шуму (порівняно з нерухомим диском) в області середніх і високих частот до 37,5 дБ.

Література

1. *Борьба с шумом на производстве: Справ. / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов, И.В. Горенштейн и др.; Под общ. ред. Е.Я. Юдина.* – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.

2. *Квитка В.Е., Мельников Б.Н., Токарев В.И.* Нормирование и снижение шума самолетов и вертолетов. – К.: Вища шк. Голов. вид-во, 1980. – 208 с.

3. *Токарев В.И., Запорожец А.И., Страхолец В.А.* Снижение шума при эксплуатации пассажирских самолетов. – К.: Техніка, 1990. – 127 с.

4. *Аэрогидродинамический шум в технике: Пер. с англ./ Под ред. Р. Хиклинга.* – М.: Мир, 1980. – 336 с.

5. *Семин Д.А., Павлюченко В.А., Мальцев Я.И.* Исследование вихревых усилителей с диффузорами различных типов // Вестн. НТУУ «КПИ». Машиностроение. – К., 2002. – Вып. 42, Т. 2. – С. 54–56.

6. *Быков Л.Т., Ивлентиев В.С., Кузнецов В.И.* Высотное оборудование пассажирских самолетов. – М.: Машиностроение, 1972. – 332 с.

7. *Доник В.Д.* Математическая модель истечения воздуха из объема // Сб. науч. Тр. ИПМЭ НАН Украины. – К., 2001. – С. 38–49.

8. *Доник В.Д.* Математична модель визначення витрат повітря для політропного процесу при розгерметизації відсіка літака // Вісн. НАУ. – 2002. – № 3(14). – С. 23–26.

9. *Клюкин И.И., Колесников А.Е.* Акустические измерения в судостроении. – Л.: Судостроение, 1982. – 256 с.

10. *Патент RU № 2052732 С1, М. Кл. F 24 F 13/06.* Устройство для распределения воздуха / В.Д. Доник, В.Д. Чернов. Заяв. 01.06.92.

11. *Патент UA № 20081 С1, М. Кл. F 24 F 13/06.* Устройство для распределения воздуха / В.Д. Доник, В.Д. Чернов. Заяв. 01.06.92.

Стаття надійшла до редакції 19.10.05.

В.Д. Доник

Аэроакустические процессы истечения газа из отсека через зазор

Разработан метод определения аэродинамического шума при истечении газа из отсека через зазор. Проведены исследования процессов образования и распространения шума в зазоре.

V.D. Donik

Aeroacoustics processes during gas outflow from compartment via gap

Method for aerodynamic noise level determination during gas outflow from the compartment via gap has been developed. Processes of noise generation and distribution in the gap were investigated.