



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 106294

(13) U

(51) МПК

G10K 11/16 (2006.01)

F02B 55/08 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки:	u 2015 09483	(72) Винахідник(и):	Кравченко Ігор Федорович (UA), Журавльов Володимир Миколайович (UA), Яловенко Євгеній Вітальович (UA)
(22) Дата подання заявки:	02.10.2015	(73) Власник(и):	ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО "ЗАПОРІЗЬКЕ МАШИНОБУДІВНЕ КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО "ПРОГРЕС" ІМЕНІ АКАДЕМІКА О.Г. ІВЧЕНКА", вул. Іванова, 2, м. Запоріжжя, 69068 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.04.2016		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.04.2016, Бюл.№ 8		

**(54) ЗВУКОІЗОЛЯЦІЙНА ПАНЕЛЬ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА****(57) Реферат:**

Звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна містить обшивки - внутрішню й зовнішню, між якими послідовно розміщені взаємозалежні між собою шари наповнювача, при цьому кожний шар наповнювача виконано гофрованим, кожний шар наповнювача виконано товщиною, не менше товщини внутрішньої або зовнішньої обшивок, причому внутрішню обшивку виконано звукопроникної й спрямованою до джерела звуку, зовнішню обшивку виконано звуконепропущеною, кожний зі згаданих шарів наповнювача окремо являє собою паралельні односпрямовані суміжні ряди звуковідбивних елементів - рефлекторів, які виконано у вигляді поверхонь другого порядку, зазначені гофровані шари наповнювача закріплені нерухомо, в сусідніх рядах звуковідбивних елементів з боку сполучних криволінійних поверхонь і перпендикулярно ним виконано технологічні пази, при цьому гофровані шари наповнювача відділено один від другого звуковбирними проміжними шарами, розташованими у фокусі звуковідбивних поверхонь кожного з гофрованих шарів, причому співвідношення товщини згаданих гофрованих шарів наповнювача вибрано відповідно до числового ряду Фібоначі, близьким до 1,618.

UA 106294 U

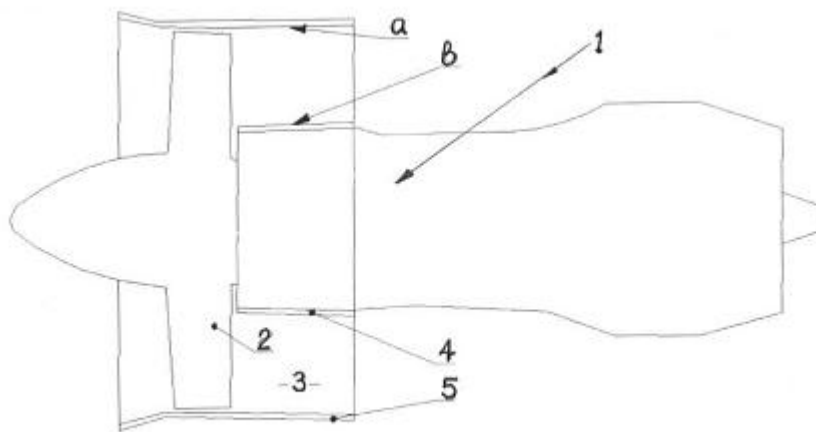


Fig. 1

Корисна модель належить до галузі конструкцій газотурбінних двигунів, зокрема до систем, що ізолюють джерело звукових коливань від приймача, а саме до звукоізоляційних панелей газотурбінних двигунів і може бути використане в будь-якій галузі машинобудування, зокрема авіадвигунобудування, насамперед в пристроях звукоізоляції шуму турбореактивних двигунів у частині поліпшення параметрів екологічної ефективності й зменшення негативного впливу як на навколишнє середовище, так і на пасажирів і екіпаж повітряного судна.

У цей час газотурбінні двигуни (ГТД) широко застосовуються в різних галузях транспорту й енергетики. Зниження рівня шуму ГТД є актуальним завданням і у випадку його використання в складі літального апарата, і при наземному застосуванні як енергоустановка.

Рівні шуму пасажирських літаків у цей час багато в чому визначають їх конкурентоспроможність і є важливою технічною характеристикою.

Шум літаків впливає на проживаюче поблизу аеропортів населення, пасажирів і обслуговуючий персонал, створює перешкоди при прийманні й передачі інформації, викликає аномалії в роботі приладів і електронної апаратури. Тому шум пасажирських літаків і вертольотів на місцевості обмежений національними стандартами й стандартами Міжнародної організації цивільної авіації ІКАО, а шум у салоні національними стандартами. Аналіз цих стандартів показує, що вимоги щодо шуму безупинно посилюються, рівень шуму в нових літаків має тенденцію до зниження.

Існує два напрямки боротьби із шумом газотурбінних двигунів:

- зменшення шуму в джерелі;
- зниження шуму, що поширюється.

Звичайне зниження шуму в джерелі досягається погіршенням інших характеристик ГТД (зменшення потужності, збільшення ваги й інше), тому в цей час при боротьбі із шумом часто застосовується саме другий підхід. Для зниження шуму, що поширюється, авіаційних газотурбінних двигунів широко застосовуються звуковбирні конструкції. При використанні двигуна на землі існує можливість застосування методу звукоізоляції відсіку (приміщення), де встановлений ГТД.

Системи газотурбінних двигунів, що ізолюють джерело звукових коливань від приймача, мають гарні звуковбирні характеристики, але у зв'язку з жорсткістю вимог до двигунів літаків цивільної авіації з'явилася необхідність створення звукоізоляційних панелей з поліпшеними характеристиками. Ці вимоги пов'язані із серйозністю проблеми авіаційного шуму на околицях аеропортів і негативним впливом на навколишнє середовище, що пов'язане з діяльністю авіації. Міжнародна асоціація повітряного транспорту (IATA) схвалила рішення Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) про прийняття нового стандарту з авіаційного шуму. Відповідно до цього стандарту припустимий ефективний рівень сприйманого шуму, виробленого літаками нових типів, буде знижений на 7 дБ у порівнянні з діючим стандартом. Стандарт придбає силу 31 грудня 2017 р. і буде поширюватися на літаки, що одержали сертифікат типу після цієї дати. Актуальність проведення робіт зі зниження рівня авіаційного акустичного шуму безсумнівна [1]. Тому необхідно створити для газотурбінних двигунів, в основному авіаційних у їх широкому конструктивному діапазоні, технічне рішення щодо звукоізоляційних панелей і одержати з їхньою допомогою технічний результат, а саме підвищити ефективність звукопоглинання таких панелей при відповідності їхніх характеристик діючим міжнародним стандартам діапазону частот звукових коливань, припустимих у світовий, зокрема, цивільній авіації.

Відома багатошарова панель, що містить зовнішні обшивки, між якими розташований наповнювач, утворений, принаймні, трьома шарами гофрованого листового матеріалу з пілкоподібним профілем, накладеним один на інший вершинами гофрів, при цьому центрально розташований шар виконаний з максимальним кроком між вершинами, а симетрично розташовані щодо нього шари виконані із кроком, що зменшується в напрямку до зовнішніх обшивок і кратним двом [2].

До недоліків відомого технічного рішення відноситься те, що зазначена конструкція багатошарової панелі, маючи підвищену міцність і жорсткість, має значну товщину й вузьку смугу ефективного звукопоглинання тому, що симетрично розташовані шари виконано із кроком, що зменшується в напрямку до зовнішніх обшивок. При цьому на товщину шарів обмежень не накладається, що й приводить до збільшення товщини панелі.

Відома звуковбирна панель, що містить верхню й нижню обшивку й розміщений між ними зигзагоподібний наповнювач, при цьому зигзагоподібний наповнювач виконаний у вигляді Z-гофрів із зубцями, розташованими під кутом 40-50° до напрямку звукового потоку, як матеріал обшивки і заповнювача використовують композиційний матеріал, виконаний з фенольного сполучного й тканого заповнювача, причому зміст фенольного сполучного в матеріалі для

верхньої обшивки й заповнювача становить за масою 5-20 %, а для нижньої обшивки - 30-50 % [3].

Недоліком даної звуковбирної панелі є значна товщина панелі, залежність звукоізолюючих властивостей від розмірів панелі. До недоліків відомого технічного рішення відноситься й те, що маючи високу ефективність звукопоглинання в широкому діапазоні частот, зазначена конструкція звуковбирної панелі має високу трудомісткість виготовлення зи́гагоподібного заповнювача, виконаного у вигляді Z-гофрів із зубцями, розташованими під певним кутом до напрямку звукового потоку (на товщину шарів заповнювача обмежень не накладається).

Відомий шаруватий виріб з гофрованим заповнювачем з волокнистого пластику, що містить паралельно розташовані верхню й нижню обшивку й заповнювач, виконані з волокнистого заповнювача, просоченого полімерним сполучним, при цьому заповнювач виконаний у вигляді ряду здвоєних гофрів прямокутної форми, гофри склеєні усередині кожного ряду між собою по вертикальних дотичних стінках сполучених гофрів, зазначені гофри жорстко з'єднані клейовим з'єднанням з обшивками по площинах їхніх верхівок [4].

До недоліків відомого технічного рішення належить те, що, незважаючи на те, що дана конструкція має високу питому жорсткість, забезпечену високою міцністю композиційного матеріалу (волокнистого заповнювача, просоченого полімерним сполучним), вона має високу трудомісткість виготовлення й матеріалоємність, а також обмежені можливості застосування, обумовлені жорсткістю конструкції, що незастосовна для облицювання криволінійних поверхонь складної форми (на товщину шарів обмежень не накладається). До недоліків відомого технічного рішення відноситься також й те, що даний шаруватий виріб з гофрованим заповнювачем з волокнистого пластику передбачає застосування в авіа- і суднобудуванні при виготовленні панелей інтер'єрів, перегородок, але не вирішує завдання полегшення конструкції й звукопоглинання, що звукує експлуатаційні властивості панелей.

Відома звуковбирна конструкція, що містить гладку й перфоровану стінки, між якими розміщено два шари звуковбирних елементів, при цьому перший шар, що виконаний більш твердим, виконаний з матеріалу, у якого коефіцієнт відбиття звуку більше, ніж коефіцієнт звукопоглинання, і складається з послідовно з'єднаних поверхонь другого порядку, другий шар, що виконаний більше м'яким, розташований у фокусі звуковідбивних поверхонь першого шару й складається з тіл обертання, скріплених стрижнем, причому зазначений стрижень розміщений паралельно перфорованій стінці й жорстко зв'язаний із гладкою стінкою за допомогою вертикальних зв'язків [5].

До недоліків відомого технічного рішення відноситься те, що воно має порівняно невисоку ефективність шумопоглинання за рахунок часткового відбиття звукових хвиль від звукопоглинача, а також порівняно вузький (винятково високі частоти) діапазон шумопоглинання. Технічний результат підвищення ефективності шумопоглинання за рахунок розширення частотного діапазону й вторинного поглинання звукових хвиль, відбитих від звукопоглинача, недостатній через те, що другий шар, представлений окремими тілами обертання, є переривчастим і не в змозі забезпечити рівномірного звукопоглинання по всій поверхні шару. До недоліків відомого технічного рішення відноситься також й те, що:

- кріплення вищевказаних тіл обертання за допомогою стрижня призводить до поганої акустичної розв'язки звуковбирної конструкції в цілому тому, що звук буде мати можливість передаватися по жорстких вертикальних зв'язках, що з'єднують стрижень із гладкою стінкою;

- виконання першого шару з матеріалу, у якого коефіцієнт відбиття звуку більше, ніж коефіцієнт звукопоглинання, призводить до зменшення звуковбирної здатності першого шару в цілому;

- застосування перфорованих стінок у газотурбінних двигунах буде приводити до небажаного витоку робочого тіла, що спричинить зниження тяги двигуна;

- експлуатаційне забруднення отворів призводить до зміни частотних акустичних параметрів панелі (на товщину шарів заповнювача обмежень не накладається).

Відома звуковбирна панель, що являє собою дві обшивки - перфоровану й суцільну - й розміщений між ними зи́гагоподібний заповнювач, що представляє в перерізі трапецію, у западинах якого розміщені вкладиші, профіль яких представляє профіль заповнювача в поперечному перерізі, при цьому вкладиші й заповнювач перфоровані по основах і бічних гранях, причому заповнювач із обшивками з'єднаний контактним зварюванням [6].

Недоліком відомої конструкції є те, що акустичні характеристики перфорованих конструкцій сильно залежать від рівнів звукового тиску. Крім того, вони мають вузьку смугу ефективного звукопоглинання. Виготовлення подібної звуковбирної панелі досить трудомістке, необхідно здійснювати додаткові операції:

- перфорацію матеріалу верхньої обшивки й заповнювача;

- нарізку, розміщення й з'єднання вкладишів із зіг'загоподібним заповнювачем.

До недоліків відомого технічного рішення відноситься й те, що воно має порівняно невисоку ефективність шумопоглинання за рахунок часткового відбиття звукових хвиль від звукопоглинача, а також порівняно вузький (винятково високі частоти) діапазон шумопоглинання.

Відома багатошарова панель, що містить верхню й нижню обшивку й розміщений між ними зіг'загоподібний гофрований заповнювач, що розвертається на площину, з бічними гранями, розташованими під кутом одна до іншої з утворенням виступів, що чергуються, і западин, що мають площадки контакту з верхньою і нижньою обшивками з легким заповнювачем з гофрованого листового матеріалу, ребра гофрів виконані у вигляді сочевицеподібних елементів, розміщених при западинах бічних граней, площадки контакту виконані криволінійними у вигляді композиційного матеріалу, розташованого між бічними гранями заповнювача при його вершинах [7].

Недоліком даної панелі є недостатня міцність на стиск і ймовірність поширення тріщин по всій поверхні при локальних навантаженнях. До недоліків відомого технічного рішення відноситься й те, що воно має порівняно невисоку ефективність шумопоглинання за рахунок часткового відбиття звукових хвиль від звукопоглинача, а також порівняно вузький (винятково високі частоти) діапазон шумопоглинання.

Відома багатошарова панель, що містить зовнішні обшивки, з'єднані за допомогою композиційного матеріалу з розміщеними між ними гофрованим заповнювачем зіг'загоподібної структури з виступами, що чергуються, і западинами, при цьому на криволінійних ділянках згину матеріалу заповнювача виконано рядкову перфорацію [8].

Недоліком даної панелі є недостатня міцність на стиск при застосуванні панелей у конструкціях, підданих силовим навантаженням, недостатня стійкість плоских бічних граней. Недоліком даної панелі також є складність конфігурації гофра в його поперечному перерізі, що вимагає при виготовленні заповнювача наявності конструктивно складного й коштовного формотворного обладнання. Крім того, технологічні труднощі роблять практично неможливим отримання канавок на виступах і западинах гофра при відносно малій його висоті. Наявність у конфігурації гофра додаткової складки без опори западини канавки на обшивці зменшують жорсткість заповнювача в площині панелі й знижують його точність за висотою, що негативно позначається на заповнювачі.

Відома багатошарова панель, що містить обшивки, листовий гофрований зіг'загоподібний заповнювач та підпирючий елемент, при цьому обшивки з'єднані за допомогою клеючого композиційного матеріалу, листовий гофрований зіг'загоподібний заповнювач розміщено між обшивками, зазначений листовий гофрований зіг'загоподібний заповнювач виконано з виступами, що чергуються, і западинами, плоскі бічні грані яких з'єднані між собою зіг'загоподібними лініями, підпирючий елемент виконано у вигляді додаткового посилюючого заповнювача із затверділої піни, зазначений додатковий посилюючий заповнювач із затверділої піни введено у простір між обшивками й листовим гофрованим зіг'загоподібним заповнювачем і розташовано по обидва боки серединної площини панелі, що проходить через половину її висоти [9].

До недоліків відомого технічного рішення належить те, що воно має порівняно невисоку ефективність шумопоглинання за рахунок часткового відбиття звукових хвиль від звукопоглинача, а також порівняно вузький (винятково високі частоти) діапазон шумопоглинання.

Найбільш близьким технічним рішенням, як за суттю, так і за задачею, що вирішується, яке обрано за найближчий аналог (прототип), є звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна, що містить обшивки - внутрішню й зовнішню, між якими послідовно розміщені взаємозалежні між собою шари заповнювача, при цьому кожний шар заповнювача виконано гофрованим, кожний шар заповнювача виконано товщиною, не менше товщини внутрішньої або зовнішньої обшивок [10].

До недоліків звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна, яку обрано за найближчий аналог (прототип), відноситься те, що конструкція панелі не забезпечує ефективність шумопоглинання шуму двигуна, і, тим самим, відповідності його характеристик діючим стандартам діапазону частот звукових коливань.

В основу корисної моделі покладено задачу шляхом раціонального підбору відповідних геометричних форм і розмірів звуковбирних шарів, їхнього взаємного розташування, а також вибору певного співвідношення розмірів звуковбирних шарів в панелі забезпечити підвищення ефективності шумопоглинання звукоізоляційних панелей при відповідності їх характеристик діючим стандартам діапазону частот звукових коливань.

Суть технічного рішення в звукоізоляційній панелі газотурбінного двигуна, що містить обшивки - внутрішню й зовнішню, між якими послідовно розміщені взаємозалежні між собою шари наповнювача, при цьому кожний шар наповнювача виконано гофрованим, кожний шар наповнювача виконано товщиною, не менше товщини внутрішньої або зовнішньої обшивок, полягає в тому, що внутрішню обшивку виконано звукопроникної й спрямованою до джерела звуку, зовнішню обшивку виконано звуконепроникною, кожний зі згаданих шарів наповнювача окремо являє собою паралельні односпрямовані суміжні ряди звуковідбивних елементів рефлекторів, які виконано у вигляді поверхонь другого порядку, зазначені гофровані шари наповнювача закріплені нерухомо, в сусідніх рядах звуковідбивних елементів з боку сполучних криволінійних поверхонь і перпендикулярно ним виконано технологічні пази. Суть корисної моделі полягає і в тому, що гофровані шари наповнювача відділено один від другого звуковбирними проміжними шарами, розташованими у фокусі звуковідбивних поверхонь кожного з гофрованих шарів, а співвідношення товщин згаданих гофрованих шарів наповнювача обрано відповідно до числового ряду Фібоначі, близьким до 1,618.

Суть корисної моделі полягає також і в тому, що внутрішню обшивку звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна виконано з композиційного матеріалу, зокрема зі склопластику, що забезпечує звукопроникність, зовнішню обшивку виготовлено з металу, що забезпечує необхідну механічну жорсткість всієї конструкції панелі і її звуконепроникність, а багат шаровий наповнювач звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна, а саме, гофровані шари й поділяючі їх проміжні шари виконано з матеріалу з високим коефіцієнтом поглинання акустичної енергії, зокрема, з вуглепластику.

Порівняльний аналіз технічного рішення з прототипом дозволяє зробити висновок, що звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна, яка заявляється, відрізняється тим, що внутрішню обшивку виконано звукопроникної й спрямованою до джерела звуку, зовнішню обшивку виконано звуконепроникною, кожний зі згаданих шарів наповнювача окремо являє собою паралельні односпрямовані суміжні ряди звуковідбивних елементів - рефлекторів, які виконано у вигляді поверхонь другого порядку, зазначені гофровані шари наповнювача закріплені нерухомо, гофровані шари наповнювача відділено один від другого звуковбирними проміжними шарами, розташованими у фокусі звуковідбивних поверхонь кожного з гофрованих шарів, співвідношення товщин згаданих гофрованих шарів наповнювача обрано відповідно до числового ряду Фібоначі, близьким до 1,618, внутрішню обшивку звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна виконано з композиційного матеріалу, зокрема зі склопластику, що забезпечує звукопроникність, зовнішню обшивку виготовлено з металу, що забезпечує необхідну механічну жорсткість всієї конструкції панелі і її звуконепроникність, а багат шаровий наповнювач звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна, а саме, гофровані шари й поділяючі їх проміжні шари виконано з матеріалу з високим коефіцієнтом поглинання акустичної енергії, зокрема, з вуглепластику.

Таким чином, звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна, що заявляється, відповідає критерію корисної моделі "новизна".

Суть технічного рішення в звукоізоляційній панелі газотурбінного двигуна пояснюється за допомогою ілюстрацій, де на фіг. 1 показано схематичне зображення газотурбінного двигуна з позначенням місць розташування звукоізоляційної панелі, що заявляється, на фіг. 2 показано конструктивно-компонувальну схему частини звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна (як варіант конструктивного виконання), на фіг. 3 показано звукоізоляційну панель газотурбінного двигуна, що заявляється, у перетині А-А, на фіг. 4 показано функцію параметра поглинання енергії шуму звукоізоляційною панеллю газотурбінного двигуна, що заявляється, у частотній області.

Звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна, що заявляється, призначена для газотурбінного (турбореактивного) двигуна 1, зокрема турбовентиляторного з переднім розташуванням вентилятора 2 (див. схему на фіг. 1). Вентилятор 2 турбовентиляторного двигуна 1 установлений з можливістю обертання в обвідному каналі 3 (канал зовнішнього контуру), що визначається корпусом 4 компресора низького тиску й корпусом 5 вентилятора 2. Звукоізоляційна панель (позиція "а") установлена в каналі 3 із внутрішньої сторони корпуса 5 вентилятора 2, а далі зазначена панель (позиція "а") оточує зовнішню поверхню корпуса 4 компресора (позиція "b") (див. схему на фіг. 1).

Конструктивно-компонувальна схема звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна представлена в поперечному перерізі її можливого виконання (див. схему на фіг. 2). Звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна, що заявляється, виконана багат шаровою з розрахунковою кількістю взаємозалежних між собою шарів, число яких може бути будь-яким непарним більше трьох (наприклад, як варіант конструктивного виконання, що описаний п'ять

шарів). Під шаром мається на увазі окрема конструктивна частина звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна, що здійснює процеси відбиття, розсіювання й поглинання енергії джерела звуку. Цими процесами здійснюють реалізацію позитивного ефекту - ізоляцію джерела звуку від приймача.

5 Звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна, що заявляється, являє собою конструкцію, що містить внутрішню обшивку 6, зовнішню обшивку 7 і розміщений між ними багат шаровий наповнювач (позиція "Н"), що зокрема містить п'ять шарів. Згаданий наповнювач (позиція "Н") являє собою сукупність гофрованих шарів (позиції 8, 9, 10), що чергуються, і поділяючих їхніх проміжних шарів - позиції 11 і 12.

10 Внутрішня (звернена до звуку) обшивка 6 звукопроникна, кільцева й виконується з композиційного матеріалу (зокрема зі склопластику).

Зовнішня обшивка 7 - звуконепроникна, кільцева, виконується з металу.

Проміжні шари 11 і 12 - звукоізоляційні, кільцеві й виконуються з композиційного звукобірного матеріалу (зокрема з вуглепластика).

15 Окремо кожний з гофрованих шарів 8, 9, 10 являє собою деталь, штамповану з листового матеріалу й утримує наступні елементи (див. схему на фіг. 3):

- односпрямовані ряди звуковідбивних елементів 13 рефлекторів;

- з'єднуючі сусідні ряди звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів) криволінійні поверхні 14;

- технологічні пази 15.

20 Окремий ряд звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів) являє собою поверхню, утворену безперервним паралельним переміщенням прямолінійної утворюючої, що перетинає ту саму напрямну криву другого порядку, що визначається рівнянням параболи. Таким чином, форма поперечного перерізу описуваного ряду звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів) - парабола. Ряди звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів) у кожному окремому гофрованому шарі 8, 9, 10 паралельні один до другого.

25 Сусідні ряди звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів), окремо кожний, кінцями областей своїх парабол послідовно й хвилеподібно взаємозалежні один з одним за допомогою сполучних криволінійних поверхонь 14, радіус яких визначається відстанню між шарами. Зазначені криволінійні поверхні 14 циліндричні, вигнуті щодо парабол звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів). Таким чином, кожний окремо гофрований шар 8, 9 та 10 являє собою сукупність паралельних рядів звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів) і з'єднуючих їх криволінійних поверхонь 14, що утворить циклічний ряд.

30 У сусідніх рядах звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів) з боку сполучних криволінійних поверхонь 14 і перпендикулярно їм виконано технологічні пази 15. Зазначені технологічні пази 15 дозволяють виготовляти гофровані шари 8, 9 та 10 звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна (що заявляється) подвійної змінної кривизни. Таким чином, існує можливість виготовлення, як увігнутих (позиція "а", див. схему на фіг. 1) звукоізоляційних панелей, так і опуклих (позиція "b", див. схему на фіг. 1). При цьому геометричні параметри (довжина, ширина й крок виконання) описуваних технологічних пазів 15 визначаються конструктивними й технологічними параметрами, що забезпечують необхідну міцність, жорсткість і радіус кривизни всієї звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна (що заявляється).

Звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна (що заявляється) у зборі (стосовно до турбовентиляторного двигуна - див. схему на фіг. 1) конструктивно виконана таким чином.

45 Внутрішня обшивка 6 (див. схему на фіг. 2) оточує газодинамічний тракт, наприклад, повітряний канал 3 (див. схему на фіг. 1) контуру вентилятора 2 турбовентиляторного двигуна 1 (позиція "а"). У той же час зовнішня обшивка 7 (див. схему на фіг. 2) нерухомо закріплена в окружному напрямку на внутрішній поверхні корпусу 5 вентилятора (позиція "b", див. схему на фіг. 1).

50 Зсередини, під внутрішньою обшивкою 6 (див. схему на фіг. 3) і безпосередньо до неї, нерухомо закріплений гофрований шар 8, що є першим шаром наповнювача (позиція "Н") звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна (що заявляється). З'єднання згаданого гофрованого шару 8 із внутрішньою обшивкою 6 відбувається по вершинах парабол рядів звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів). Із протилежної сторони гофрований шар 8 нерухомо з'єднаний із проміжним шаром 11 по сполучних криволінійних поверхнях 14 (див. схему на фіг. 2).

55 Проміжний шар 11 є другим шаром наповнювача (позиція "Н") звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна (що заявляється) і відокремлює гофрований шар 8 від гофрованого шару 9 в окружному напрямку. При цьому гофрований шар 9 (третій шар наповнювача) нерухомо з'єднаний із проміжним шаром 11 по вершинах парабол своїх рядів звуковідбивних

елементів 13 (рефлекторів), а із протилежної сторони нерухомо зв'язаний із проміжним шаром 12 (четвертим шаром наповнювача) по сполучних криволінійних поверхнях 14.

Гофрований шар 9 розташований так, що ряди його звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів) не паралельні рядам звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів) гофрованого шару 8. Зокрема ряди звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів) згаданих гофрованих шарів 8 і 9 перпендикулярні один до одного (на схемі на фіг. 3 гофрований шар 9 умовно повернутий на  $90^\circ$  для наочності).

Гофрований шар 9 в окружному напрямку відділений від гофрованого шару 10 (п'ятого шару наповнювача) проміжним шаром 12. При цьому гофрований шар 10 розгорнутий щодо гофрованого шару 8 на  $180^\circ$ . Таким чином, гофрований шар 10 з однієї сторони по сполучних криволінійних поверхнях 14 нерухомо з'єднаний із проміжним шаром 12, а із протилежної сторони - вершинами парабол своїх рядів звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів) із зовнішньою обшивкою 7. Таким чином сусідні шари звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна (що заявляється) нерухомо з'єднані між собою по відповідних поверхнях контакту за допомогою клейового з'єднання (як варіант технологічного процесу).

Товщини внутрішньої обшивки 6, зовнішньої обшивки 7, а також проміжних шарів 11 та 12 визначаються конструктивними вимогами з урахуванням ефективності роботи, технологією виготовлення й матеріалом.

Товщини  $h_8$ ,  $h_9$ ,  $h_{10}$  (відповідно гофрованих шарів 8, 9 та 10) знаходяться у співвідношенні  $h_9/h_8=h_{10}/h_9 \approx 1,618\dots$ , де  $1,618\dots$  відповідає ірраціональному числу Фібоначі.

Внутрішню обшивку 6 звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна (що заявляється) виконано з композиційного матеріалу, зокрема зі склопластику, що забезпечує звукопроникність. Зовнішню обшивку 7 виготовлено з металу, що забезпечує необхідну механічну жорсткість всієї конструкції панелі, що заявляється, і її звуконепроникність. П'ятишаровий наповнювач звукоізоляційної панелі, а саме гофровані шари 8, 9 та 10 і поділяючі їхні проміжні шари 11 і 12, виконано з матеріалу з високим коефіцієнтом поглинання акустичної енергії, зокрема з вуглепластику.

Використання в складі звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна (що заявляється) функціональних композиційних матеріалів, що мають меншу щільність у порівнянні з металом, дозволяє знизити масу конструкції зазначеної звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна (що заявляється) при збереженні її міцності й експлуатаційної надійності, а також підвищити її звукозахисні характеристики.

Принцип роботи звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна (що заявляється) полягає в наступному.

Енергія, створювана джерелом звуку (зокрема, лопатами вентилятора 2 (див. схему на фіг. 1) турбовентиляторного двигуна 1), попадає на внутрішню звукопроникну обшивку 6 (див. схему на фіг. 2) звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна, частково відбивається від неї й розсіюється. При цьому основна частина звукової енергії проникає через внутрішню звукопроникну обшивку 6 у шари наповнювача звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна. Потрапляючи в гофрований шар 8, звук багаторазово відбивається й поглинається параболічними поверхнями рядів звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів), фокусуючись в окремі плями. Згадані плями фокусування розташовані на проміжному шарі 11. їхнє місце розташування визначається поздовжньою віссю окремого ряду звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів), що перпендикулярна вертикальній осі (осі симетрії) розглянутих параболічних поверхонь. При цьому частина акустичної енергії, що потрапила на сполучні криволінійні поверхні 14, віялоподібно розсіюється в простір між внутрішньою обшивкою 6 і проміжним шаром 11.

Сфальцьована в пляму окремими рядами звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів) енергія звуку викликає вібрацію проміжного шару 11 і поглинається ним. Ефективне звукопоглинання відбувається завдяки композиційному матеріалу, зокрема вуглепластику, що має високий коефіцієнт поглинання акустичної енергії, з якого виконаний згаданий проміжний шар 11.

Потім звук попадає в гофрований шар 9, що складається з ідентичних, за аналогією з гофрованим шаром 8, рядів звуковідбивних елементів 13 (рефлекторів). При цьому гофрований шар 9 розташований під кутом до гофрованого шару 8, зокрема вони перпендикулярні один одному. Таке розташування гофрованих шарів 8 і 9 призводить до дроблення звукового потоку для більш ефективного звукопоглинання. У гофрованому шарі 9 відбуваються ті ж звукові процеси, що й у гофрованому шарі 8. Проміжний шар 12 по виконуваних функціях і конструктивних особливостях аналогічний проміжному шару 11.



У зв'язку з тим, що зовнішня обшивка 7 не є звуковбирним шаром, а забезпечує жорсткість конструкції всієї звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна, гофрований шар 10 є останнім, замикаючим, звуковбирним шаром. Для того, щоб локалізувати залишкову енергію звуку у звукоізоляційній панелі газотурбінного двигуна й максимально ефективно у неї поглинути, гофрований шар 10 розгорнуто щодо гофрованого шару 8 на 180°.

Власні частоти вібруючих гофрованих шарів 8, 9 та 10 формуються конструкцією панелі, некогерентні й знаходяться у відношенні, близькому до ірраціонального, обумовленого числом Фібоначі. Суперпозиція вібрацій шарів буде мати модульовану обгинаючу частоту, яка перебуває в низькочастотній (слабочутної) області спектра. Процес вібрації шарів із цією частотою поглинає енергію джерела звуку й забезпечує реалізацію позитивного ефекту - ізоляції джерела звуку від приймача. Одночасно із цим звукові хвилі високої частоти розсіюються ребристими поверхнями згаданих шарів 6, 11 і 12. Коефіцієнт поглинання акустичної енергії визначається відношенням товщин прилеглих гофрованих шарів 8, 9 та 10. Це відношення повинне бути близьким до ірраціонального, зокрема, до числа Фібоначі. Таким чином, ефект звукоізоляції забезпечується за рахунок відбиття й поглинання шляхом суперпозиції процесів внутрішнього відбиття й поглинання енергії звукової хвилі, що підвищує ефективність звукопоглинання звукоізоляційної панелі, що заявляється, у децибелах потужності (dBm).

Ефективність технічного рішення, що заявляється, експериментально визначалася функцією коефіцієнта прозорості (зворотна величина коефіцієнта загасання) у частотній області. Таким чином, проведені випробування показали, що звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна (що заявляється) ефективніше прототипу, прозорість якого прийнята за 0 децибел потужності (dBm), як мінімум, на 1 dBm (див. графік на фіг. 4) в ефективному слуховому діапазоні частот, що визначається нормативними документами.

Звукоізоляційні панелі газотурбінного двигуна (що заявляються) проходять доводочний етап з наступною установкою їх на авіаційному турбореактивному двоконтурному двигуні Д-18 серії ЗМ. Створені звуковбирні конструкції за рахунок високої ефективності в широкому діапазоні частот дозволяють літаку із цими двигунами відповідати існуючим нормам Глави 4 ІКАО.

Підвищення ефективності застосування звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна, що заявляється, у порівнянні з прототипом, досягається тим, що шляхом раціонального підбору відповідних геометричних форм і розмірів звуковбирних шарів, їхнього взаємного розташування, а також вибору певного співвідношення розмірів звуковбирних шарів в панелі забезпечити підвищення ефективності звукопоглинання звукоізоляційної панелі при відповідності її характеристик діючим стандартам діапазону частот звукових коливань. Таким чином забезпечується підвищення ефективності роботи нічного звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна, що заявляється.

Джерела інформації:

1. "Конвенции о международной гражданской авиации". Приложение 16 "Охрана окружающей среды", Т. 1 "Авиационный шум", раздел "Авиационная акустика".

2. Авторское свидетельство СССР № 1038260 "Многослойная панель". Заявлено 28.08.1983 г., кл. МПК 6 В32В3/28, Е042/24 - аналог.

3. Патент Российской Федерации № 2307216 "Звукопоглощающая панель" від 27.09.2007, кл. МПК 7 Е04В 1/86, G10K11/16-аналог.

4. Патент Российской Федерации № 2144469 "Слоистое изделие с гофрированным наполнителем из волокнистого пластика и способ его изготовления" від 20.01.2000, кл. МПК 7 В32В3/12, 3/30 - аналог.

5. Патент Российской Федерации № 2344490 "Звукопоглощающая конструкция" від 20.01.2009, кл. МПК 7 G10K11/16, Е04В1/82 -аналог.

6. Патент Российской Федерации № 2249258 "Звукопоглощающая панель" від 27.03.2005, кл. МПК 7 G10K11/16, Е04В1/8 - аналог.

7. Патент Российской Федерации № 2038265, "Многослойная панель" від 27.06.1995, кл. МПК 6 В64С3/26 -аналог.

8. Патент Российской Федерации № 2265552 "Многослойная панель" від 10.12.2005, бюл. № 34, кл. МПК 7 В64С3/26 - аналог.

9. Патент Российской Федерации № 2560473 "Многослойная панель" від 10.12.2005, бюл. № 34, кл. МПК 7 В64С3/26 - аналог.

10. Авторское свидетельство Российской Федерации SU № 1646196 А1 "Многослойная панель" від 27.12.1996. Бюллетень № 36. кл. МПК 6 В64С3/26 - прототип.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна, що містить обшивки - внутрішню й зовнішню,  
5 між якими послідовно розміщені взаємозалежні між собою шари наповнювача, при цьому кожний шар наповнювача виконано гофрованим, кожний шар наповнювача виконано товщиною, не менше товщини внутрішньої або зовнішньої обшивок, яка **відрізняється** тим, що внутрішню обшивку виконано звукопроникною й спрямованою до джерела звуку, зовнішню обшивку виконано звуконепроникною, кожний зі згаданих шарів наповнювача окремо являє собою  
10 паралельні односпрямовані суміжні ряди звуковідбивних елементів - рефлекторів, які виконано у вигляді поверхонь другого порядку, зазначені гофровані шари наповнювача закріплені нерухомо, в сусідніх рядах звуковідбивних елементів з боку сполучних криволінійних поверхонь і перпендикулярно ним виконано технологічні пази, при цьому гофровані шари наповнювача відділено один від другого звуковбирними проміжними шарами, розташованими у фокусі звуковідбивних поверхонь кожного з гофрованих шарів, причому співвідношення товщини згаданих гофрованих шарів наповнювача вибрано відповідно до числового ряду Фібоначі, близьким до 1,618.
2. Звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна за п. 1, яка **відрізняється** тим, що внутрішню обшивку звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна виконано з композиційного матеріалу, зокрема зі склопластику, що забезпечує звукопроникність, а зовнішню обшивку виготовлено з металу, що забезпечує необхідну механічну жорсткість всієї конструкції панелі і її звуконепроникність.
3. Звукоізоляційна панель газотурбінного двигуна за п. 1, яка **відрізняється** тим, що багат шаровий наповнювач звукоізоляційної панелі газотурбінного двигуна, а саме гофровані шари й поділяючі їх проміжні шари виконано з матеріалу з високим коефіцієнтом поглинання акустичної енергії, зокрема з вуглепластику.
- 25

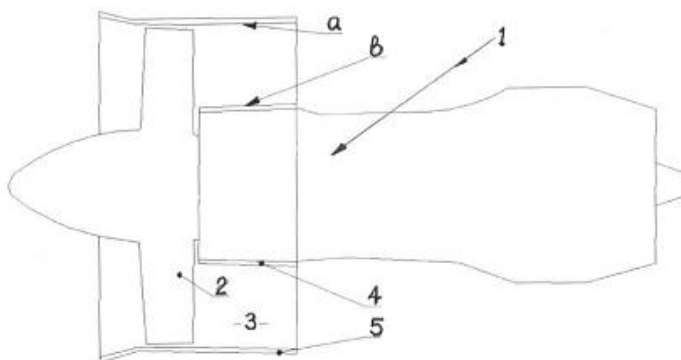


Fig. 1

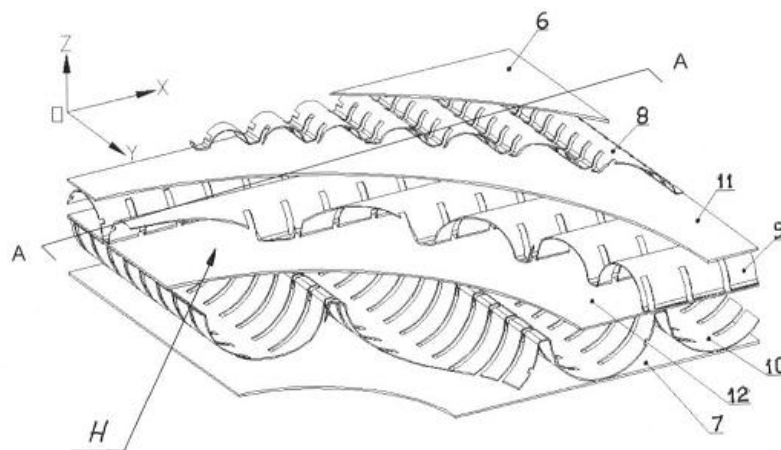


Fig. 2

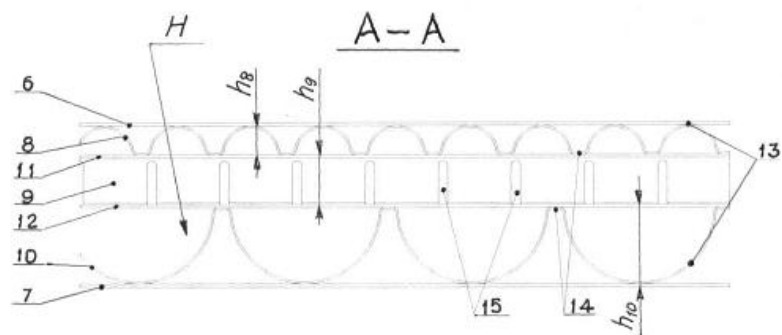


Fig. 3

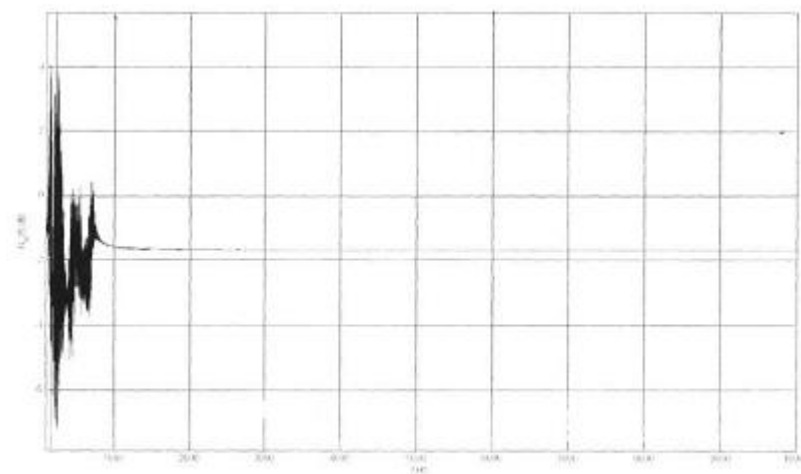


Fig. 4

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601