

(19) C2 (11) 128929 (13) UA

(98) а/с 62, м. Київ, 04116

(85) 2022-01-04

(74) Бенатов Даніель Емілович, (UA)

(45) [2024-11-27]

(43) [2023-05-10]

(24) 2024-11-28

(22) 2020-05-07

(12) Патент України (на 20 р.)

(21) а202106661

(46) 2024-11-27

(86) PCT/IB2020/054312 2020-05-07

(30) 102019000007935 2019-06-04 IT

(54) ВЕНТИЛЯТОР З ПОКРАЩЕНИМ ЦИЛІНДРИЧНИМ КОРПУСОМ FAN WITH IMPROVED DUCT

(56) US 2010068028 A1, 18.03.2010 2 US 6024537 A, 15.02.2000 2 CN 109334952 A, 15.02.2019 2

(71) P.E.M. PATENTС S.p.l. IT R.E.M. PATENTS S.r.l. IT

(72) Мосієвіцз Роберт Едуардо IT Мосієвіцз Роберт Едуардо IT Mosiewicz, Roberto Eduardo IT

(73) P.E.M. PATENTС S.p.l. IT R.E.M. PATENTS S.r.l. IT

1. Канальний осьовий вентилятор (20), який містить ротор (22), що обертається навколо осі X і містить множину лопатей (24); корпус (26), придатний для утворення каналу (28) круглого перерізу, що розміщений в осьовому напрямку навколо ротора (22); який **відрізняється** тим, що корпус (26) містить кільцеве заглиблення (30), розташоване навколо ротора (22); кінчики лопатей (24) щонайменше частково входять в кільцеве заглиблення (30) корпусу (26); щонайменше одна лопать (24) має закінцівку (32) і закінцівка (32) має виступ (34), що принаймні частково виступає в осьовому напрямку та входить в кільцеве заглиблення (30).
2. Вентилятор (20) за п. 1, який **відрізняється** тим, що зовнішній діаметр D_r ротора (22) більший, ніж внутрішній діаметр D_s кільцевого заглиблення (30).
3. Вентилятор (20) за будь-яким з пп. 1-2, який **відрізняється** тим, що кільцеве заглиблення (30) має аеродинамічну згладжувальну поверхню (36).
4. Вентилятор (20) за будь-яким з пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що кільцеве заглиблення (30) має конвергенційну аеродинамічну згладжувальну поверхню (36с), що розташована безпосередньо перед ротором (22).
5. Вентилятор (20) за будь-яким з пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що кільцеве заглиблення (30) має дивергенційну аеродинамічну згладжувальну поверхню (36d), яка розташована безпосередньо після ротора (22).
6. Вентилятор (20) за будь-яким з пп. 3-5, який **відрізняється** тим, що аеродинамічна згладжувальна поверхня (36) зумовлює звуження каналу (28), утвореного корпусом (26).
7. Вентилятор (20) за п. 6, який **відрізняється** тим, що ширина звуження каналу (28) становить різницю між внутрішнім діаметром D_d корпусу (26) і внутрішнім діаметром D_s кільцевого заглиблення (30), при цьому вказана різниця є меншою ніж 5 % від діаметра D_d , переважно меншою ніж 2 % від діаметра D_d .
8. Вентилятор (20) за будь-яким з пп. 1-7, який **відрізняється** тим, що кільцеве заглиблення (30) відкрито вниз в осьовому напрямку.
9. Вентилятор (20) за п. 8, який **відрізняється** тим, що виступ (34) простягається в осьовому напрямку вгору і входить в кільцеве заглиблення (30).
10. Вентилятор (20) за будь-яким з пп. 1-9, який **відрізняється** тим, що додатково містить двигун та/або конструкцію.
11. Вентилятор (20) за будь-яким з пп. 1-10, який **відрізняється** тим, що ротор (22) є ротором змінного кроку.

12. Вентилятор (20) за п. 11, який **відрізняється** тим, що вентилятор (20) є хвостовим гвинтом гелікоптера (40).

Винахід стосується каналного осьового вентилятора, позначеного нижче повністю за номером 20. Вентилятор містить: ротор, що обертається навколо осі X і має множину лопатей; та корпус, придатний для утворення каналу круглого перерізу, що розміщений в осьовому напрямку навколо ротора. У вентиляторі згідно з винаходом корпус містить кільцеве заглиблення, яке розташоване по колу навколо ротора; і кінчики лопатей щонайменше частково входять в кільцеве заглиблення корпусу.

The invention relates to a ducted axial fan, indicated below as a whole with 20. The fan comprises: - a rotor rotatable around an axis X and including a plurality of blades; and-a duct suitable for defining a circular section channel developing in an axial direction around the rotor. In the fan according to the invention, the duct comprises an annular seat circumferentially extending around the rotor; and the blade tips are at least partially received in the annular seat of the duct.

Цей винахід стосується каналного осьового вентилятора. Цей вираз тут і далі стосується осьового вентилятора, що має діаметр D_0 більше 0,5 метра, краще більше 1 метра.

У промисловій галузі відоме використання осьових вентиляторів, як правило, для забезпечення достатнього потоку повітря навколо спеціальних випромінюючих поверхонь, в установках, які вимагають відведення значної кількості тепла.

Осьові вентилятори, наприклад, для промислового використання, як правило, містять центральну маточину, яка визначає вісь обертання і на якій закріплена множина лопатей. Обертання маточини спричиняє обертання лопатей і, як може зрозуміти фахівець, накладає різну тангенціальну швидкість на різні секції кожної лопаті. Фактично, тангенціальна швидкість кожної секції лопаті є добутком кутової швидкості (яка однакова для всіх секцій) і радіальної відстані відносно осі обертання (яка збільшується при віддаленні від осі обертання).

З цієї причини, як відомо фахівцеві, осьові лопаті вентилятора не можуть ефективно працювати по всьому радіальному проміжку. Тангенціальна швидкість радіально внутрішніх секцій лопаті часто є занадто низькою для досягнення відносного ефективного руху по відношенню до повітряного потоку. Звідси випливає, що фактична робота вентилятора в основному покладається на радіально зовнішні секції, які забезпечують майже всю загальну швидкість повітряного потоку, створюваного осьовим вентилятором.

Як може зрозуміти фахівець, такий розподіл потоку робить осьовий вентилятор в цілому не дуже ефективним. Хоча були запропоновані деякі технічні рішення для кращого використання радіально внутрішніх секцій лопатей, існує також потреба в підвищенні ефективності радіально зовнішніх секцій. Як відомо, фактично зовнішні секції піддаються крайовим ефектам, що обмежують їх ефективність. Як уже згадувалося, оскільки більша частина потоку створюється саме радіально зовнішніми частинами, навіть незначна неефективність у відсотках у цій області призводить до значної неефективності в абсолютному вираженні для всього вентилятора.

Уздовж проміжних частин аеродинамічної поверхні, будь то крило або, як у цьому випадку, лопаті вентилятора, зона високого тиску повітря і зона низького тиску повітря фізично відокремлені одна від одної наявністю лопаті. На кінчику лопаті цей поділ перестає існувати, і тому мимовільно створюється повітряний потік, який намагатиметься переміститися із зони високого тиску в зону низького тиску. Таким чином утворюється кінцевий вихор, який викликає значний опір просуванню лопаті в повітрі.

Перше рішення, запропоноване для цього виду проблеми, полягало в тому, щоб помістити вентилятор у трубу, тим самим закрити його всередині кожуха з діаметром трохи більшим, ніж зовнішній діаметр самого вентилятора. Цей кожух іменується нижче як корпус.

З додаванням корпусу розміри кінцевих вихорів значно зменшуються, а отже, кількість повітря, що переміщується цими вихорами, і, отже, створюваний опір зменшуються. Однак, як добре відомо фахівцю, відстань між кінчиком лопатей і внутрішнім діаметром корпусу неможливо не тільки обнулити, але така відстань навіть не може бути менше певного граничного значення. Насправді, необхідно максимально уникати будь-якого контакту корпусу з кінчиками лопатей, для чого необхідно забезпечити безпечну відстань. Тому через їхній розмір і вартість обслуговування лопаті не можуть бути виготовлені з точними допусками. Крім того, лопаті можуть піддаватися впливу вібрації і деформуватися під час роботи. Тому навіть за наявності оптимального корпусу неможливо усунути кінцеві вихори.

Інше рішення, запозичене з аеронавтики, полягає в тому, щоб забезпечити додаткову поверхню на кінчику кожної лопаті: так звані кінцеві крильця (закінцівки) або вінглети. Перш за все, закінцівка має функцію створення перегородки, яка протидіє руху повітря, тим самим протидіючи утворенню кінцевого вихору. Крім того, залежно від наданої їй форми, закінцівка також може впливати на залишковий кінцевий вихор, оптимізуючи його і таким чином обмежуючи створення шуму.

Ці рішення, незважаючи на широке застосування, не позбавлені недоліків.

Насправді, незважаючи на наявність корпусу та/або закінцівок, утворення кінцевих вихорів залишається певною мірою неминучим. Таким чином, ефективність осьових вентиляторів залишається обмеженою.

Тому метою цього винаходу є подолання недоліків попереднього рівня техніки, зазначених вище.

Зокрема, завданням цього винаходу є створення каналного осьового вентилятора, який має підвищену ефективність.

Крім того, завданням цього винаходу є створення каналного осьового вентилятора, який обмежує утворення кінцевих вихорів більше, ніж вентилятори відомих типів. Крім того, завданням цього винаходу є створення каналного осьового вентилятора, який, на додаток до запропонованих додаткових переваг, також має переваги вентиляторів відомих типів.

Така мета і завдання досягаються за допомогою каналного осьового вентилятора за пунктом 1.

Щоб краще зрозуміти винахід і оцінити його переваги, деякі з його варіантів здійснення, наведених у якості зразків і нічим не обмежених, описані нижче з посиланням на супровідні креслення (фігури), де:

- на фіг. 1 схематично представлений вид зверху вентилятора згідно з цим винаходом;

- на фіг. 2 схематично представлений збільшений вигляд деталі, позначеної як II на фіг. 1;
- на фіг. 3 схематично представлений вид у розрізі, виконаному по лінії III-III на фіг. 2;
- на фіг. 4.а схематично представлений вид у розрізі, виконаному по лінії IV-IV фіг. 3;
- на фіг. 4.б-4.п схематично представлені види деяких альтернативних розрізів, подібних до наведеного на фіг. 4.а;
- на фіг. 5 представлений частковий вид знизу в перспективі вентилятора згідно з винаходом;
- на фіг. 6 представлений вид у перспективі вентилятора згідно з винаходом, де для більшої наочності корпус частково прибраний;
- на фіг. 7 представлений вид зверху іншого вентилятора згідно з цим винаходом;
- на фіг. 8 представлений вид у розрізі, виконаному по лінії VIII-VIII на фіг. 7;
- на фіг. 9 представлений вид у розрізі, виконаному по лінії IX-IX на фіг. 7;
- на фіг. 10 представлений вид в перспективі частини корпусу вентилятора згідно з винаходом;
- на фіг. 11 представлений збільшений вигляд деталі, позначеної як XI на фіг. 10;
- на фіг. 12 представлений літальний апарат, що містить каналний гвинт згідно винаходу;
- на фіг. 13 представлений збільшений вигляд деталі, позначеної як XIII на фіг. 12;
- на фіг. 14 схематично представлений збільшений вигляд деталі, позначеної як XIV на фіг. 13;
- на фіг. 15 представлені види у розрізах, виконаних по лінії XV-XV на фіг. 14, у трьох різних конфігураціях.

У контексті цього опису були прийняті деякі термінологічні умовності, щоб зробити читання легшим і зрозумілим. Ці термінологічні умовності пояснюються нижче з посиланням на додані фігури.

Надалі термін "корпус" означає бічну стінку або кожух, зазвичай циліндричний, який оточує каналний вентилятор, створюючи канал, всередині якого потік повітря обмежений.

Вентилятор згідно з винаходом призначений для створення повітряного потоку, спрямованого від зони впуску (внизу на супровідних кресленнях) до зони випуску (зверху на супровідних кресленнях). Тому стосовно напрямку потоку (позначеного на кресленнях символом а), терміни "перед", "передній" тощо та терміни "після", "задній" тощо є однозначними.

Терміни "конвергенційний" і "дивергенційний" також слід тлумачити у контексті напрямку потоку а.

Оскільки вентилятор згідно з винаходом однозначно визначає вісь обертання X, то по відношенню до цієї осі визначаються терміни "осьовий", "радіальний", "тангенціальний" і "окружний".

Нижче описані "трохи" різні кількості. Прислівник "трохи" призначений для вказівки на відмінності в межах 10 % від більшої величини, переважно в межах 5 % від більшої кількості.

Винахід стосується каналного осьового вентилятора, позначеного нижче повністю за номером 20. Вентилятор 20 містить:

- ротор 22, що обертається навколо осі X і має множину лопатей 24; та
- корпус 26, придатний для утворення каналу 28 круглого перерізу, що розміщений в осьовому напрямку навколо ротора 22.

У вентиляторі 20 згідно з винаходом корпус 26 містить кільцеве заглиблення 30, яке розташоване по колу навколо ротора 22; і кінчики лопатей 24, щонайменше, частково входять в кільцеве заглиблення 30 корпусу 26.

Тобто в кільцевому заглибленні 30 зовнішній діаметр D_r ротора 22 більший, ніж внутрішній діаметр D_s кільцевого заглиблення 30 (див., наприклад, фіг. 9).

Наприклад, зовнішній діаметр D_r ротора 22 становить більше 0,5 метра, краще більше ніж 1 метр.

Матиме перевагу, якщо ротор 22 вентилятора 20 містить маточину 23, що визначає вісь обертання X. На маточині 23 закріплена множина лопатей 24. Матиме перевагу, якщо лопаті 24 виконані конструктивно окремо від маточини 23 і згодом встановлені на маточині 23, щоб мати можливість змінювати крок відповідно до конкретних потреб проектування. Матиме перевагу, якщо лопаті 24 кріплять на маточині 23 за допомогою болтів (див., наприклад, фіг. 6).

Матиме перевагу, якщо щонайменше одна лопать 24 вентилятора 20 містить на кінчику закінцівку 32, яка далі іменована просто як закінцівка 32. Закінцівка 32 сама по собі являє собою відомий пристрій, який розташований на кінчику лопатей 24 для зменшення їх шуму та опору, викликаного утворенням кінцевих вихорів. Матиме перевагу, якщо закінцівка 32 має виступ 34, що принаймні частково виступає в осьовому напрямку. Матиме перевагу, якщо основне розміщення виступу 34 закінцівки 32 слідує за поверхнею, визначеною осьовим напрямком та окружним або тангенціальним напрямком.

Корпус відомого типу має круглу циліндричну форму принаймні в осьовому сегменті, що містить ротор. Крім того, як відомо, внутрішній діаметр корпусу трохи більший, ніж зовнішній діаметр відносного ротора.

Корпус 26 згідно з винаходом, і зокрема його кільцеве заглиблення 30, можуть мати різні конфігурації, залежно від варіантів здійснення.

Згідно з деякими варіантами здійснення, корпус 26 має круглу циліндричну форму в осьовому сегменті, що містить ротор 22, і має внутрішній діаметр D_d трохи більший, ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. Згідно з іншими варіантами, корпус 26 має круглу циліндричну форму і в сегменті

безпосередньо перед ротором 22 має внутрішній діаметр трохи менший, ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. У цих варіантах корпус 26 потім переривається біля ротора 22, де розташоване кільцеве заглиблення 30. У цьому випадку перед ротором 22 внутрішній діаметр корпусу 26 збігається з внутрішнім діаметром D_s кільцевого заглиблення 30. Після ротора 22 у деяких варіантах здійснення корпус 26 має внутрішній діаметр D_d трохи більший, ніж зовнішній діаметр ротора 22, тоді як в інших варіантах здійснення корпус 26 знову має внутрішній діаметр D_s , який трохи менший, ніж зовнішній діаметр ротора 22.

Згідно з деякими варіантами здійснення, корпус 26 має круглу циліндричну форму і в сегменті безпосередньо перед ротором 22 і відповідно до ротора 22 (тобто там, де розташовано кільцеве заглиблення 30) має внутрішній діаметр D_d трохи більший, ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. У певних таких варіантах здійснення корпус 26 після ротора 22 має внутрішній діаметр, який трохи менший, ніж зовнішній діаметр ротора 22. У цьому випадку після ротора 22 внутрішній діаметр корпусу 26 збігається з внутрішнім діаметром D_s кільцевого заглиблення 30.

Згідно з деякими варіантами здійснення, кільцеве заглиблення 30 містить аеродинамічну згладжуючу поверхню 36. Наприклад, кільцеве заглиблення 30 може містити конвергенційну аеродинамічну згладжуючу поверхню 36с, яка переважно розташована безпосередньо перед ротором 22. Альтернативно або додатково, кільцеве заглиблення 30 може містити дивергенційну аеродинамічну згладжуючу поверхню 36d, переважно розташовану безпосередньо після ротора 22.

Відповідно до деяких варіантів здійснення аеродинамічна згладжуюча поверхня 36 (конвергенційна 36с та/або дивергенційна 36d) визначає звуження в каналі 28, що утворений корпусом 26.

Згідно з деякими варіантами здійснення, кільцеве заглиблення 30 відкрите в осьовому напрямку. Наприклад, кільцеве заглиблення 30 може бути відкрите в осьовому напрямку вгору за потоком (тобто до зони впуску) або вниз за потоком (тобто до зони випуску).

Згідно з деякими варіантами здійснення, кільцеве заглиблення 30 радіально відкрите до внутрішньої сторони корпусу 26. Матиме перевагу, якщо кільцеве заглиблення 30 простягається в осьовому напрямку вгору та/або вниз за потоком.

Згідно з деякими варіантами здійснення, кільцеве заглиблення 30 розташоване в цілому за межами корпусу 26, тоді як в інших варіантах здійснення кільцеве заглиблення 30 розташоване в цілому всередині корпусу 26.

Відповідно до деяких варіантів здійснення, щонайменше, одна лопатка 24 вентилятора 20 містить закінцівку 32, що має виступ 34, який простягається в осьовому напрямку. Наприклад, виступ 34 закінцівки 32 може простягатися в осьовому напрямку вгору за потоком, вниз за потоком або в обидві сторони. Матиме перевагу, якщо кожна лопатка 24 містить закінцівку 32.

Закінцівка 32 може приймати різні форми. На фіг. 6 показано, наприклад, ротор 22, що містить закінцівки 32 відомого типу, виступ 34 якої має досить невелике розширення в осьовому напрямку. Інші конфігурації закінцівки 32 показані на фіг. 3 і 8. У цих випадках зазначається, що осьове розширення перед закінцівкою 32 більше і ширше в тангенціальному напрямку (тобто вздовж хорди лопаті 24 аеродинамічного профілю). У вентиляторі 20 згідно з винаходом цей тип закінцівки 32 з більшим осьовим розширенням забезпечує більшу взаємодію з кільцевим заглибленням 30.

У певних варіантах здійснення корпус 26 вентилятора 20 згідно з винаходом має конвергенційний вхідний отвір 38. Як відомо, конвергенційний вхідний отвір 38 розташований на передньому кінці корпусу 26 і виконує функцію прийому потоку повітря в зону впуску, м'яко транспортуючи його до ротора 22. У варіантах здійснення, показаних на фіг. 5, 6 і 8-11, конвергенційний вхідний отвір 38 утворений згідно відомого способу стінкою самого корпусу 26. Згідно з іншими схематичними варіантами здійснення, наприклад, на фіг. 4.k і 4.l, конвергенційний отвір 38 утворений переднім виступом аеродинамічної згладжуючої поверхні 36, зокрема конвергенційної аеродинамічної згладжуючої поверхні 36с.

У варіанті здійснення, схематично зображеному на фіг. 4.a, корпус 26 має круглу циліндричну форму в осьовому сегменті, що містить ротор 22, і має внутрішній діаметр D_d трохи більший, ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. У випадку такого варіанту здійснення кільцеве заглиблення 30 формують за рахунок звичайного корпусу 26 шляхом додавання аеродинамічної згладжуючої поверхні 36. Зокрема, конвергенційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36с розміщена безпосередньо перед ротором 22. Таким чином, конвергенційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36с спричиняє звуження в каналі 28, включеному в корпус 26, у результаті чого внутрішній діаметр D_s кільцевого заглиблення 30 трохи менший, ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. Завдяки формі конвергенційної аеродинамічної згладжуючої поверхні 36с кільцеве заглиблення 30 відкрито вниз в осьовому напрямку. Лопатка 24 має закінцівку 32 з виступом 34, що простягається в осьовому напрямку вгору і входить в кільцеве заглиблення 30.

У варіанті здійснення, схематично зображеному на фіг. 4.b, корпус 26 має круглу циліндричну форму і в сегменті одразу перед ротором 22 має внутрішній діаметр трохи менший, ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. У цьому випадку перед ротором 22 внутрішній діаметр корпусу 26 збігається з внутрішнім діаметром D_s кільцевого заглиблення 30.

Потім корпус 26 закінчується біля ротора 22, де розташоване кільцеве заглиблення 30, і продовжується відповідно після ротора 22 з внутрішнім діаметром D_d , трохи більшим ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. Завдяки формі корпусу 26 кільцеве заглиблення 30 в осьовому напрямку відкрите вниз. Лопать 24 має закінцівку 32 з виступом 34, що простягається в осьовому напрямку вгору і входить в кільцеве заглиблення 30.

Варіант здійснення, схематично зображений на фіг. 4.с, дуже подібний до варіанту на фіг. 4.а, на опис якого зроблено посилання. Крім того, в цьому варіанті здійснення дивергеційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36d розміщена безпосередньо після ротора 22. Отримане кільцеве заглиблення 30 знаходиться в цілому всередині каналу 28 корпусу 26. Таке кільцеве заглиблення 30 відкрите в радіальному напрямку всередину і простягається в осьовому напрямку вниз та вгору за потоком. Лопать 24 містить закінцівку 32 з виступом 34. Кінчик лопаті 24 радіально входить в кільцеве заглиблення 30, а виступ 34 закінцівки 32 простягається в осьовому напрямку вниз і вгору за потоком всередині кільцевого заглиблення 30.

У варіанті здійснення, схематично зображеному на фіг. 4.d, корпус 26 має круглу циліндричну форму в осьовому сегменті, що містить ротор 22, і має внутрішній діаметр D_d трохи більший ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. У випадку такого варіанту здійснення кільцеве заглиблення 30 формують за рахунок звичайного корпусу 26 шляхом додавання аеродинамічної згладжуючої поверхні 36. Зокрема, дивергеційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36d розміщена безпосередньо після ротора 22. Таким чином, дивергеційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36d спричиняє звуження в каналі 28, включеному в корпус 26, у результаті чого внутрішній діаметр D_s кільцевого заглиблення 30 трохи менший, ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. Завдяки формі дивергеційної аеродинамічної згладжуючої поверхні 36d, кільцеве заглиблення 30 відкрите вгору в осьовому напрямку. Лопать 24 має закінцівку 32 з виступом 34, що простягається в осьовому напрямку вниз і входить в кільцеве заглиблення 30.

У варіанті здійснення, схематично зображеному на фіг. 4.e, корпус 26 має круглу циліндричну форму і в сегменті одразу перед і одразу після ротора 22 має внутрішній діаметр трохи менший, ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. У цьому випадку внутрішній діаметр корпусу 26 збігається з внутрішнім діаметром D_s кільцевого заглиблення 30. Корпус 26 потім переривається біля ротора 22, де розташоване кільцеве заглиблення 30. Отримане кільцеве заглиблення 30 знаходиться в цілому зовні каналу 28 корпусу 26. Таке кільцеве заглиблення 30 відкрите в радіальному напрямку всередину і простягається в осьовому напрямку вниз та вгору за потоком. Лопать 24 містить закінцівку 32 з виступом 34. Кінчик лопаті 24 радіально входить в кільцеве заглиблення 30, а виступ 34 закінцівки 32 простягається в осьовому напрямку вниз і вгору за потоком всередині кільцевого заглиблення 30.

У варіанті здійснення, схематично зображеному на фіг. 4.f, корпус 26 набуває форми, подібної до тієї, яку можна отримати, якщо перевернути зображення корпусу 26 на фіг. 4.b. Корпус 26 має круглу циліндричну форму і в сегменті безпосередньо перед ротором 22 і відповідно до ротора 22, там, де розташоване кільцеве заглиблення 30, має внутрішній діаметр D_d трохи більший ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. Корпус 26 після ротора 22 має внутрішній діаметр, який трохи менший, ніж зовнішній діаметр ротора 22. У цьому випадку після ротора 22 внутрішній діаметр корпусу 26 збігається з внутрішнім діаметром D_s кільцевого заглиблення 30. Завдяки формі корпусу 26 кільцеве заглиблення 30 в осьовому напрямку відкрите вгору. Лопать 24 має закінцівку 32 з виступом 34, що простягається в осьовому напрямку вниз і входить в кільцеве заглиблення 30.

Варіант здійснення, схематично зображений на фіг. 4.g, дуже подібний до варіанту на фіг. 4.f, на опис якого зроблено посилання. Крім того, у цьому варіанті здійснення конвергеційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36с розміщена безпосередньо перед ротором 22. В результаті кільцеве заглиблення 30 відкрите в радіальному напрямку всередину і простягається в осьовому напрямку вниз та вгору за потоком. Лопать 24 містить закінцівку 32 з виступом 34. Кінчик лопаті 24 радіально входить в кільцеве заглиблення 30, а виступ 34 закінцівки 32 простягається в осьовому напрямку вниз і вгору за потоком всередині кільцевого заглиблення 30.

Варіант здійснення, схематично зображений на фіг. 4.h, дуже подібний до варіанту на фіг. 4.b, на опис якого зроблено посилання. Крім того, в цьому варіанті здійснення дивергеційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36d розміщена безпосередньо після ротора 22. В результаті кільцеве заглиблення 30 відкрите в радіальному напрямку всередину і простягається в осьовому напрямку вниз та вгору за потоком. Лопать 24 містить закінцівку 32 з виступом 34. Кінчик лопаті 24 радіально входить в кільцеве заглиблення 30, а виступ 34 закінцівки 32 простягається в осьовому напрямку вниз і вгору за потоком всередині кільцевого заглиблення 30.

Варіант здійснення, схематично зображений на фіг. 4.i, дуже подібний до варіанту на фіг. 4.с, на опис якого зроблено посилання. Проте у цьому варіанті здійснення лопать 24 не має закінцівки 32. Кінчик лопаті 24 радіально входить у кільцеве заглиблення 30.

Варіант здійснення, схематично зображений на фіг. 4.j, дуже подібний до варіанту на фіг. 4.e, на опис якого зроблено посилання. Проте у цьому варіанті здійснення лопать 24 не має закінцівки 32. Кінчик лопаті 24 радіально входить у кільцеве заглиблення 30.

У варіанті здійснення, схематично зображеному на фіг. 4.k, корпус 26 має круглу циліндричну форму в осьовому сегменті, що містить ротор 22, і має внутрішній діаметр D_d трохи більший ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22. У випадку такого варіанту здійснення кільцеве заглиблення 30 формують за рахунок звичайного корпусу 26 шляхом додавання аеродинамічної згладжуючої поверхні 36. Зокрема, конвергеційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36с розміщена безпосередньо перед ротором 22. Крім того, аеродинамічна згладжуюча поверхня виступає вверх, щоб утворити конвергеційний вхідний отвір 38. Подібним чином, як описано вище щодо фігури 4.a, конвергеційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36с спричиняє звуження в каналі 28, внутрішній діаметр D_s кільцевого заглиблення 30 трохи менший ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22, кільцеве заглиблення 30 відкрито вниз в осьовому напрямку. Лопать 24 має закінцівку 32 з виступом 34, що простягається в осьовому напрямку вверх і входить в кільцеве заглиблення 30.

Варіант здійснення, схематично зображений на фіг. 4.l, подібний до варіанту на фіг. 4.e, на опис якого зроблено посилання. Проте у цьому варіанті здійснення стінка корпусу 26 має форму, що утворює перед ротором 22 конвергеційний вхідний отвір 38.

Варіант здійснення, схематично зображений на фіг. 4.m, дуже подібний до варіанту на фіг. 4.a, на опис якого зроблено посилання. Проте у цьому варіанті здійснення конвергеційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36с не має форми, що забезпечувала б м'яке і безперервне звуження в каналі 28, а має форму профілю з гострими кутами, який забезпечує різке ступінчасте звуження.

Варіант здійснення, схематично зображений на фіг. 4.n, дуже подібний до варіанту на фіг. 4.c, на опис якого зроблено посилання. Проте у цьому варіанті здійснення аеродинамічна згладжуюча поверхня 36с і дивергеційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36d не мають форми, що забезпечувала б м'які та безперервні зміни в каналі 28, а мають форми профілів з гострими кутами, які забезпечують різкі зміни кроку. Ці варіанти здійснення, схематично представлені на фігурах 4.m і 4.n, хоча і не є оптимальними з аеродинамічної точки зору, можуть бути вигідними за певних конкретних умов для більшої простоти їх реалізації.

Конфігурації корпусу 26 і кільцевого заглиблення 30, описані вище з посиланням на фігури 4, показані як приклад. Як буде добре зрозуміло фахівцеві, кільцеве заглиблення 30 може приймати різні форми, ніж ті, що детально описані в цьому документі, щоб задовольнити конкретні потреби.

Як буде зрозуміло фахівцеві, який погляне на фігури 4, конфігурація кільцевого заглиблення 30 і кінчика лопаті 24 за винаходом дозволяє отримати своєрідне лабіринтове ущільнення. Як відомо, лабіринтове ущільнення створює звивистий шлях, який значно зменшує спонтанне проходження речовини із зони високого тиску в зону низького тиску. У конкретному випадку конфігурація кільцевого заглиблення 30 і кінчика лопаті 24 (з закінцівкою 32 або без неї) створюють звивистий шлях для повітря, яке мимовільно прагне витікати із зони високого тиску (над лопаттю 24) до зони низького тиску (нижче лопаті 24). За рахунок зменшення кількості повітря, що проходить з однієї зони в іншу на кінчику лопаті 24, зменшується величина кінцевого вихору і, як наслідок, створюваний опір.

Варіанти здійснення на фігурах 5-11 подібні до схематично наведених на фіг. 4.a. Точніше, фігури 5 і 6 представляють один варіант здійснення ротора 22, а фігури 7, 8 і 9 представляють інший варіант здійснення ротора 22. Основна відмінність між двома варіантами здійснення полягає у формі та продовженні виступу 34 закінцівки 32. На фіг. 6 показана закінцівка 32 меншого розміру, ніж показано на фіг. 8. Корпус 26 і кільцеве заглиблення 30 є спільними для обох варіантів здійснення і більш детально зображені на фіг. 10 і 11.

У варіантах здійснення, зображених на фіг. 5-11, корпус 26 має круглу циліндричну форму в осьовому сегменті, що містить ротор 22, і має внутрішній діаметр D_d трохи більший ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22 (див. фіг. 9). Кільцеве заглиблення 30 формують за рахунок звичайного корпусу 26 шляхом додавання аеродинамічної згладжуючої поверхні 36. Зокрема, конвергеційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36с розміщена безпосередньо перед ротором 22. Таким чином, конвергеційна аеродинамічна згладжуюча поверхня 36с спричиняє звуження в каналі 28, включеному в корпус 26, у результаті чого внутрішній діаметр D_s кільцевого заглиблення 30 трохи менший, ніж зовнішній діаметр D_r ротора 22 (знову див. фіг. 9). Завдяки формі конвергеційної аеродинамічної згладжуючої поверхні 36с кільцеве заглиблення 30 відкрито вниз в осьовому напрямку. Лопаті 24 мають відповідні закінцівки 32, які приймають різну форму, але в будь-якому випадку вони мають виступ 34, який простягається в осьовому напрямку вверх за потоком і входить в кільцеве заглиблення 30. Кожен з варіантів, описаних вище, дозволяє отримати деякі конкретні переваги, деякі з яких описані нижче у якості прикладу.

Варіанти здійснення, що містять традиційний корпус 26, до якого додаються аеродинамічні згладжуючі поверхні 36, дозволяють модифікувати існуючий вентилятор 20, щоб він відповідав винаходу. Такі варіанти здійснення показані, наприклад, на фігурах 4.a, 4.c, 4.d, 4.i, 4.k, 4.m і 4.n.

Варіанти здійснення, що включають звуження каналу 28 в місці кільцевого заглиблення 30, дозволяють локально прискорити повітряний потік. У зв'язку з цим слід зазначити, що різниця між внутрішнім діаметром D_d корпусу 26 і внутрішнім діаметром D_s кільцевого заглиблення може в деяких випадках досягати до 5 % внутрішнього діаметра D_d корпусу 26. Проте у більшості випадків ця різниця

менше 2 % внутрішнього діаметра D_d . Оскільки це звуження розташоване саме на радіальній периферії, де швидкість потоку найбільша, локальний вплив звуження на швидкість потоку є ще більш очевидним. Такі варіанти здійснення показані, наприклад, на фігурах 4.a, 4.c, 4.d, 4.f, 4.g, 4.i, 4.m і 4.n.

Варіанти здійснення, що включають розширення каналу 28 у місці кільцевого заглиблення 30, дозволяють забезпечити оптимальне розташування повітряного потоку для застосувань, де потрібен дивергентний вихідний отвір на виході всього корпусу 26. Такі варіанти здійснення показані, наприклад, на фіг. 4.b, 4.h. та 4.k.

Буде перевагою, якщо вентилятор 20 згідно з винаходом також містить двигун (не показаний), придатний для обертання ротора 22 з проектною швидкістю. Крім того, буде перевагою, якщо вентилятор 20 згідно з винаходом містить конструкцію (не показана), придатну для міцного утримання корпусу 26, ротора 22 і, можливо, двигуна в будь-яких умовах експлуатації.

Згідно з деякими варіантами здійснення, схематично зображеними на фігурах 14 і 15, ротор 22 є ротором змінного кроку. Відповідно до цих варіантів здійснення, кожна окрема лопать 24 може обертатися навколо осі p , що має по суті радіальний напрямок. Можливість одночасного обертання кожної лопаті 24 навколо відповідної осі p дозволяє змінювати її падіння відносно повітря (див. фіг. 15), змінюючи таким чином швидкість потоку самого каналного вентилятора 20. Таким чином, каналні вентилятори 20 змінного кроку дозволяють адаптуватися до різних умов експлуатації і тому широко використовуються в різних галузях.

Галузь, в якій особливо цінуються каналні вентилятори 20 зі змінним кроком, є авіаційна галузь. Різні типи літальних апаратів використовують каналні вентилятори 20 змінного кроку, наприклад, для руху вперед та/або керування літальним апаратом.

Конкретним прикладом каналного вентилятора 20 із змінним кроком є каналний хвостовий гвинт гелікоптера 40 (див. як приклад фіг. 12). Це рішення, яке також зазвичай називають фенестроном, хоча широко цінується, має ті самі недоліки, які вже були визначені вище для каналних вентиляторів для промислового використання.

Навіть у цьому випадку особливо вигідно розташувати на корпусі 26 кільцеве заглиблення 30, яке розташоване по колу навколо ротора 22, при цьому кінчики лопатей 24, щонайменше, частково входять в кільцеве заглиблення 30.

Для цього типу застосування особливо підходять варіанти здійснення, схематично зображені на фіг. 4.c, 4.e, 4.i та 4.j, хоча інші варіанти здійснення також можуть бути корисно використані.

Наведений опис зупиняється на технічних ознаках, які відрізняють винахід від рішень попереднього рівня техніки. Для всіх інших ознак, які можуть бути спільними для рівня техніки та винаходу, можуть бути зроблені посилання на вступ, що описує або коментує попередній рівень техніки.

Як може легко зрозуміти фахівець, винахід дозволяє подолати недоліки, зазначені вище з посиланням на рівень техніки.

Зокрема, цей винахід пропонує каналний осьовий вентилятор, який має підвищену ефективність.

Крім того, цей винахід пропонує каналний осьовий вентилятор, який обмежує утворення кінцевих вихорів більше, ніж вентилятори відомих типів.

Крім того, цей винахід пропонує каналний осьовий вентилятор, який, на додаток до запропонованих додаткових переваг, також має переваги вентиляторів відомих типів.

Зрозуміло, що конкретні ознаки описані стосовно різних варіантів здійснення винаходу за допомогою нічим не обмежених прикладів. Очевидно, що фахівець у цій галузі техніки зможе внести додаткові модифікації та зміни до цього винаходу, щоб задовольнити випадкові та конкретні потреби. Наприклад, технічні характеристики, описані стосовно варіанта здійснення винаходу, можуть бути екстрапольовані з нього та застосовані до інших варіантів здійснення винаходу. Такі модифікації та зміни також входять до обсягу винаходу, визначеного наступною формулою винаходу.

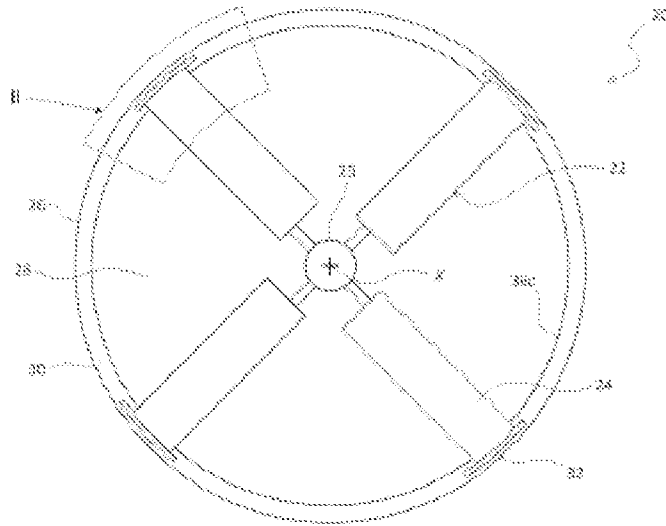


Fig. 1

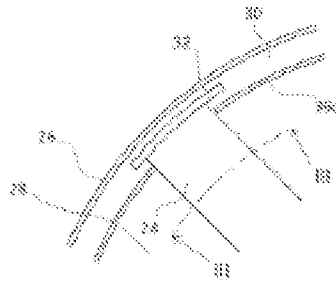


Fig. 2

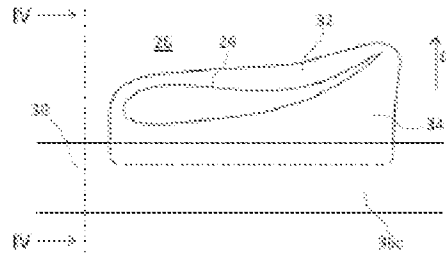


Fig. 3

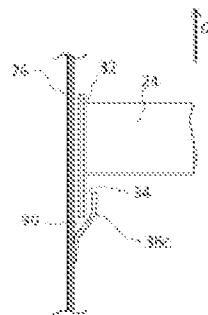


Fig. 4.a

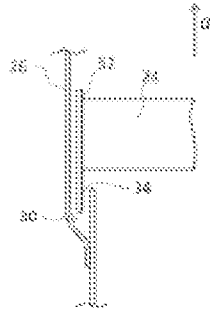


Fig. 4.b

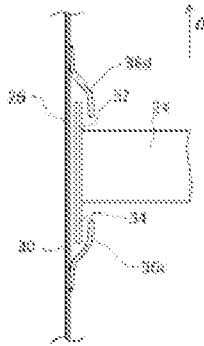


Fig. 4.c

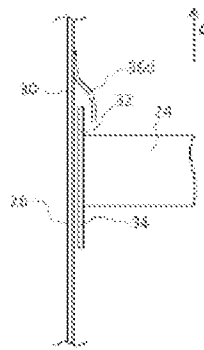


Fig. 4.d

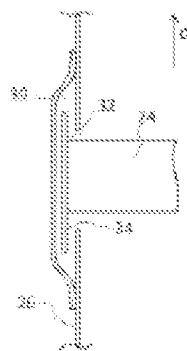


Fig. 4.e

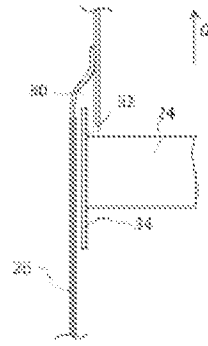


Fig. 4.f

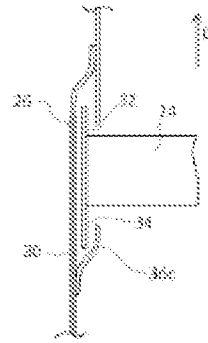


Fig. 4.g

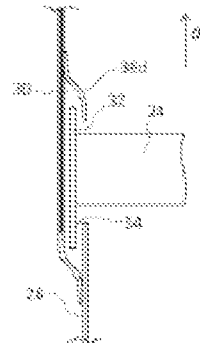


Fig. 4.h

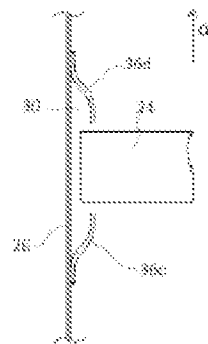


Fig. 4.i

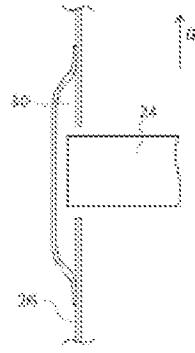


Fig. 4.j

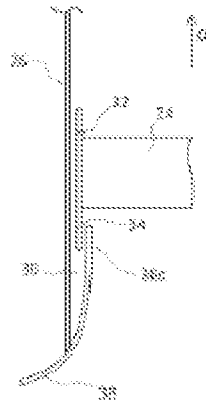


Fig. 4.k

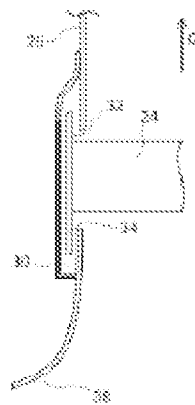


Fig. 4.l

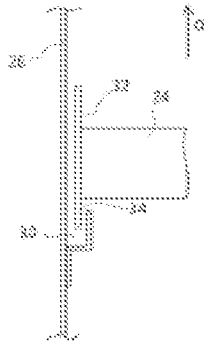


Fig. 4.m

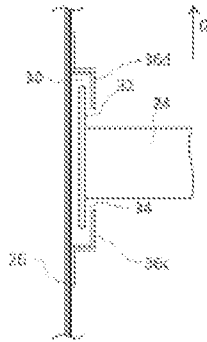


Fig. 4.n

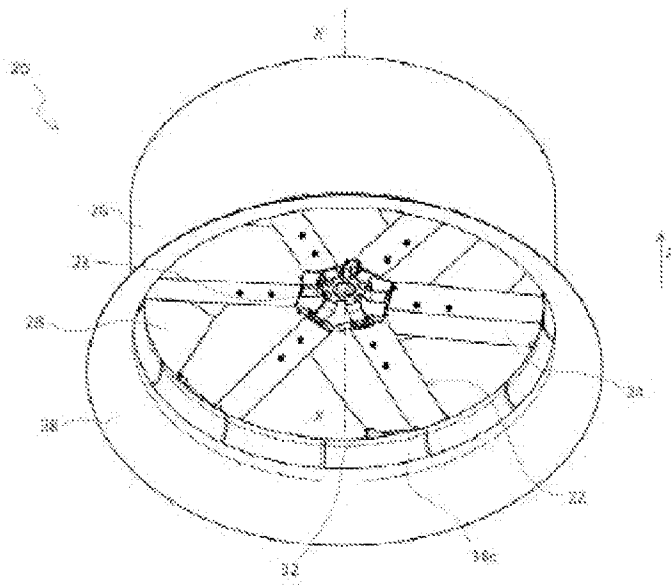


Fig. 5

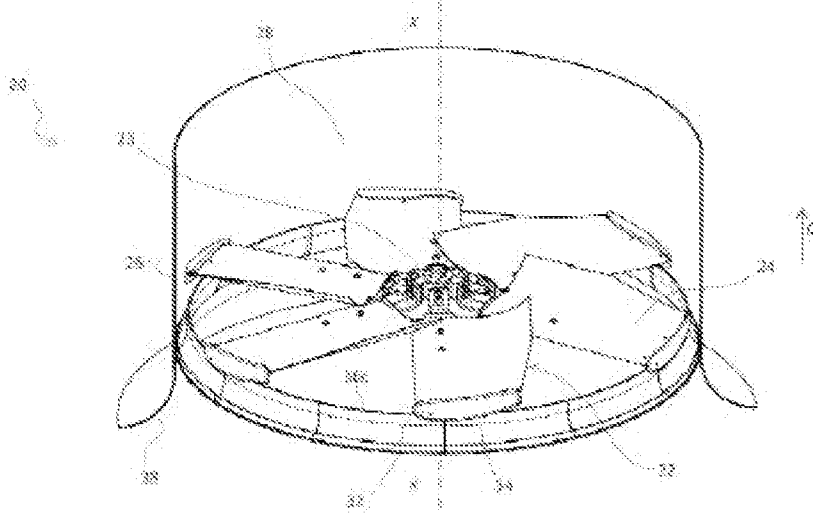


Fig. 6

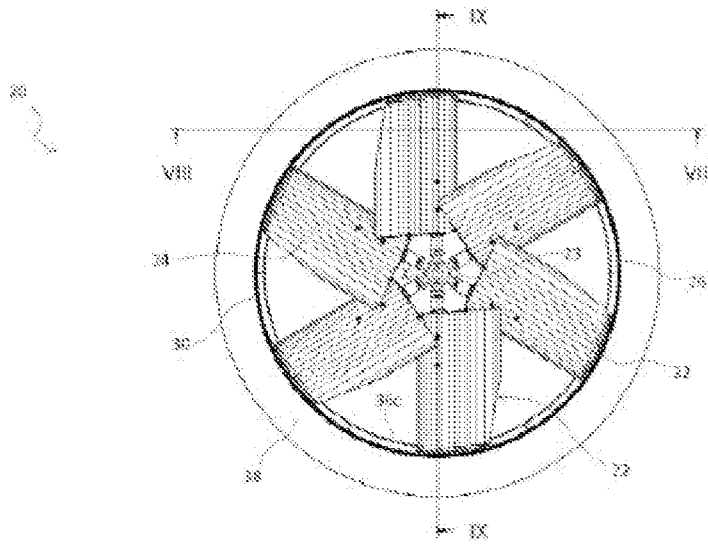


Fig. 7

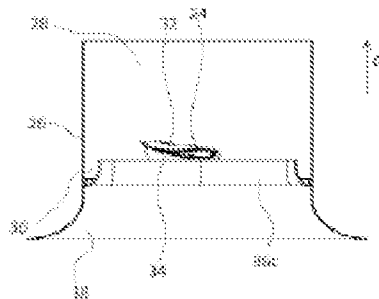


Fig. 8

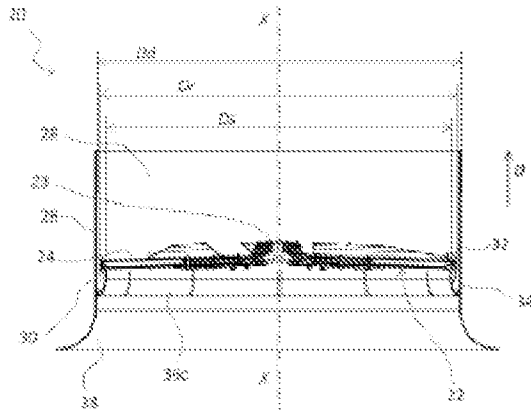


Fig. 9

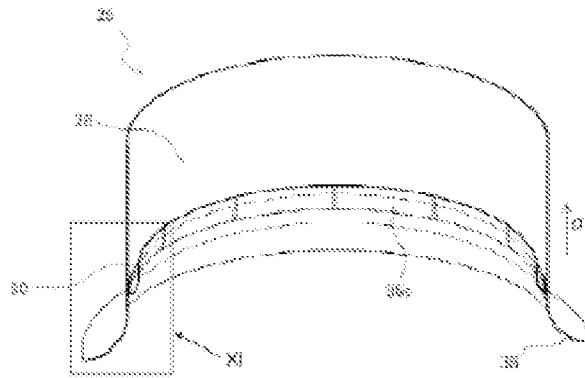


Fig. 10

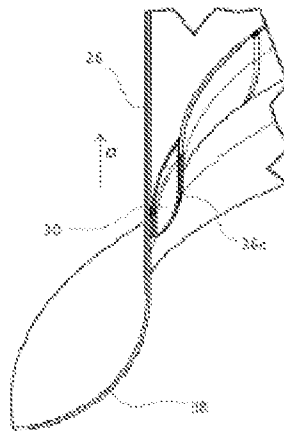


Fig. 11

60

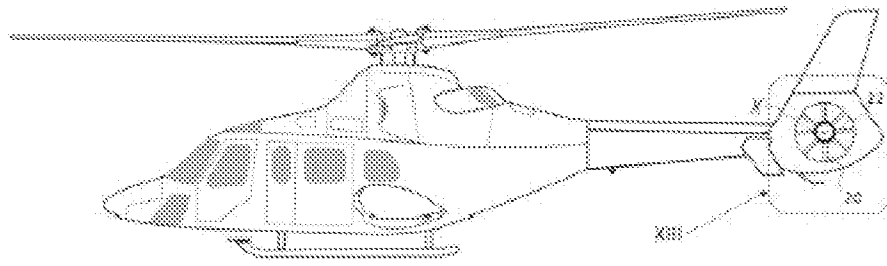


Fig. 12

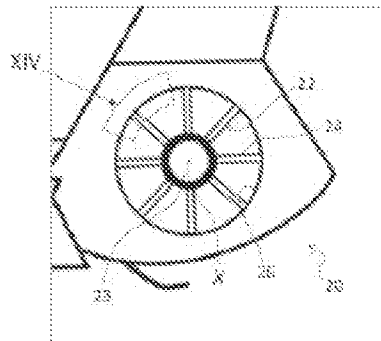


Fig. 13

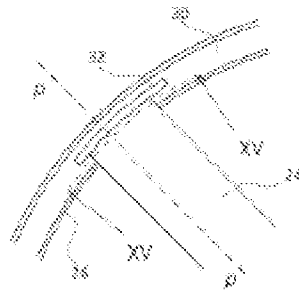


Fig. 14

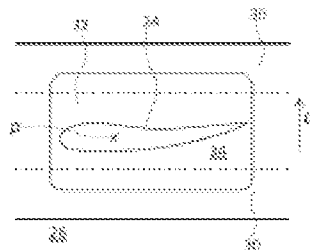


Fig. 15.a

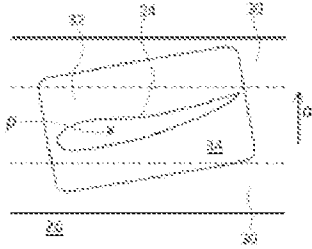


Fig. 15.b

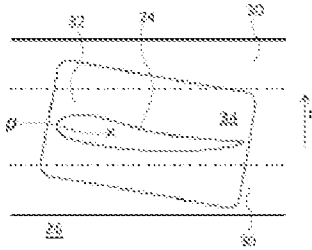


Fig. 15.c