

Цей винахід стосується протиобліднювачів вхідного напрямного колеса газотурбінного двигуна. Він також стосується лопатки вхідного напрямного колеса газотурбінного двигуна, обладнаного таким протиобліднювачем. Він також стосується двигуна літального апарата, обладнаного такими лопатками.

Відомі, наприклад, із документа FR 2 607 188, лопатки вхідного напрямного колеса газотурбінного двигуна із змінним кутом установки, що з'єднують вхідний кожух з обтічником передньої опори. Кожна з цих лопаток має нерухому ділянку і рухомий щиток. Нерухомі ділянки - це деталі, конструктивно розташовані радіально по відношенню до обтічника передньої опори і служать опорою для вхідного кожуха. Їх називають також стойками вхідного кожуха. Рухомі щитки розташовані на виході нерухомої ділянки, з якою вони з'єднані, і встановлені шарнірно по відношенню до нього, по суті радіально по відношенню до обтічника передньої опори за допомогою радіальної внутрішньої цапфи і радіальної зовнішньої цапфи. Орієнтація рухомих щитків дозволяє регулювати потік повітря, що поступає в ступені компресора, який розташований на виході (тобто за напрямним колесом).

Під час роботи газотурбінного двигуна за певних умов навколишнього середовища, наприклад, коли він встановлений на літальному апараті, який летить при високій вологості атмосферних умов і низьких температурах, на вхідних лопатках може утворюватися поліп, особливо на передній кромці нерухомої ділянки і на боках рухомих щитків. Якщо шматочки льоду, що утворилися на поверхні вхідних лопаток, відділяться від них, то вони мають можливість проникнути в газотурбінний двигун і викликати там пошкодження. Можливе також зниження характеристик газотурбінного двигуна через погане живлення робочих коліс на виході.

Класично прагнуть знищити лід, який утворюється на вхідних лопатках, а за варіантом, якому віддають перевагу, перешкодити утворенню льоду на цих лопатках.

Існують різні протиобліднювачі лопаток вхідного колеса, в яких відбирають гаряче повітря з компресора високого тиску, підводять це повітря до повітряного колектора, потім використовують для підігрівання лопаток вхідного колеса і підтримування у цих лопаток досить високої температури для того, щоб перешкодити утворенню льоду.

Документ FR 2631 386 розкриває один тип протиобліднювача нерухомої ділянки лопатки, а саме її передньої кромки. Нерухома ділянка - порожниста; гаряче повітря, що відбирається від компресора, нагнітають у вищезгадану нерухому ділянку, де він циркулює всередині її.

На фіг. 3 додатка показано протиобліднювач за рівнем техніки. Лопатка 110 вхідного напрямного колеса має нерухому ділянку 112 і рухомий щиток 118, розташований за нерухомою ділянкою 112 з можливістю повороту навколо осі 122 по суті відносно радіального напрямку. Утворенню полою на рухомому щитку 118 перешкоджає гаряче повітря, що виходить із розташованої поряд нерухомої ділянки. Зовнішнє повітря, що формує основний повітряний потік, показаний стрілками 130, поступає в газотурбінний двигун з одного і з іншого боку передньої кромки 114 нерухомої ділянки 112. Далі, внаслідок існуючої різниці тиску між внутрішнім вигином I і спинкою E вхідної лопатки 110, зовнішнє повітря перетікає від внутрішнього вигину I до спинки E біля стику нерухомої ділянки 112 і рухомого щитка 114, як показано стрілкою 140. З іншого боку, нерухома ділянка 112 - порожниста. Гаряче повітря, що відбирається від компресора і нагнітається у вищезгадану нерухому ділянку 112, циркулює всередині нього, перешкоджаючи утворенню полою на передній кромці 114 і на поверхні, як це описане вище з посиланням на документ FR 2 631386. Нерухома ділянка 112 споряджена вихідною кромкою 116, що має в поперечному перерізі U-подібну форму, причому гілки «U» спрямовані у бік виходу до рухомого щитка. У основі «U» виконані кризні отвори 120, через які гаряче повітря, що нагнітається в нерухому ділянку 112, утворюючи потік вторинного повітря, може бути спрямований на рухомий щиток 118, як показують стрілки 150. Цей потік 140 гарячого вторинного повітря засмоктується потоком основного холодного повітря 130, як показано стрілкою 160, далі він протікає в формі тонкого шару 170 вздовж спинки E рухомого щитка 118. Упередження утворення полою на рухомому щитку 118 відбувається, отже, таким чином: його спинка E нагрівається безпосередньо шаром 170 шляхом конвективного теплообміну, в той час як її внутрішній вигин I нагрівається за рахунок ефекту теплопровідності через товщу вищезгаданого рухомого щитка 118 від спинки E до внутрішнього вигину I, як це показано стрілкою 180.

Відомо, що внаслідок зміни стану рухомого щитка під час роботи, поліп має тенденцію утворюватися переважно з боку внутрішнього вигину. Тому шукають шляхи зробити більш довершеним запобігання проти обледеніння рухомого щитка саме з боку внутрішнього вигину.

Протиобліднювач, який щойно був описаний, має, однак, певні недоліки.

Перший недолік полягає в способах виготовлення кризних отворів в основі U-подібного перерізу задньої кромки нерухомої ділянки. Ці отвори виконують після операції формування U-подібного перерізу і перед операцією паяння задньої кромки. Якщо ці отвори виконувати шляхом електроерозії або прошивки, то ці способи вимагають застосування інструмента, що дорого коштує, який складно модифікувати при зміні характеристик деталі. Якщо ці отвори виконувати шляхом лазерної обробки, то на їхній кромці залишаються небажані термічні напруження. Під час операції паяння задньої кромки може виявитися, що отвори будуть забиті.

Другий недолік ґрунтується на тому факті, що теплопровідність тим ефективніше, чим тонше рухомий щиток. У більш товстого рухомого щитка запобігання появи полою з боку внутрішнього вигину менш ефективне, що вимагає збільшення відбору гарячого повітря і спрямування його на рухомий щиток, що є небажаним.

Третій недолік виявляється, якщо рухомий щиток має збільшену хорду. У цьому випадку запобігання утворенню полою на рухомому щитку здійснюється не в повному обсязі, тому що шар гарячого повітря, який спрямовується на спинку рухомого щитка, не досягає достатнім чином задньої кромки вищезгаданого рухомого щитка.

Четвертий недолік пов'язаний з природою матеріалу, з якого складається рухомий щиток. Дійсно, все частіше і частіше рухомий щиток виготовляють не з металу, а з композиційного матеріалу, зокрема задля зниження маси. Через погану теплопровідність композиційного матеріалу не може бути застосований протиобліднювач, який використовує теплопередачу через стінку рухомого щитка.

Отже, необхідно мати в розпорядженні протиобліднювач, який міг би запобігти утворенню полою на лопатці вхідного напрямного колеса газотурбінного двигуна, такого типу, яка має нерухому ділянку, що є стойками вхідного кожуха, і рухомий щиток із змінним кутом установки, який міг би бути використаний навіть коли рухомий щиток має відносно велику товщину або має збільшену хорду і/або коли він виконаний з композитного матеріалу, і його виготовлення більш просте і менш дороге на виробничій лінії.

Цей винахід пропонує протиобліднювач лопатки вхідного напрямного колеса газотурбінного двигуна, який не має недоліків, згаданих вище.

Згідно з першим аспектом винахід стосується протиобліднювача лопатки вхідного напрямного колеса газотурбінного двигуна, причому вищезгадана лопатка включає в себе нерухому ділянку, розташовану попереду, і з'єднаний з нею рухомий щиток, розташований на виході. Нерухома ділянка - це деталь, що конструктивно радіально виходить з обтічника передньої опори і служить опорою для кожуха напрямного вхідного колеса. Вона включає в себе порожнистий корпус і задню кромку, профіль якої має по суті U-подібну форму, з гілками, спрямованими по суті назад, причому одна з гілок розташована з боку внутрішнього вигину, а інша розташована з боку спинки. Рухомий щиток має можливість повороту навколо по суті радіального напрямку по відношенню до обтічника передньої опори за допомогою центральної цапфи, встановленої на обтічнику передньої опори, і периферійної цапфи, встановленої на внутрішній стороні кожуха.

Згідно з першим варіантом здійснення першого аспекту вищезгаданий протиобліднювач включає в себе щонайменше одне випускне вікно, орієнтоване по суті у напрямі вхід-вихід і розташоване тільки вздовж гілки «У», що знаходиться з боку внутрішнього вигину задньої кромки нерухомої ділянки.

Згідно з другим варіантом здійснення першого аспекту вищезгаданий протиобліднювач включає в себе щонайменше одне випускне вікно, орієнтоване по суті у напрямі вхід-вихід і розташоване вздовж гілки «У», що знаходиться з боку внутрішнього вигину задньої кромки нерухомої ділянки, і щонайменше одне випускне вікно, орієнтоване по суті у напрямі вхід-вихід і розташоване вздовж гілки «У», що знаходиться з боку спинки задньої кромки нерухомої ділянки.

Факультативно протиобліднювач може включати в себе, крім того, отвори, які простягаються крізь основу «У», що створює задню кромку, по суті в напрямі вхід-вихід, причому вищезгадані отвори локалізовані щонайменше в зоні, що знаходиться в процесі роботи з боку з'єднання рухомого щитка з однією з цапф.

За варіантом, якому віддається перевага, протиобліднювач включає в себе, крім того, засоби підведення гарячого повітря до кожуха вхідного напрямного колеса від одного зі ступенів компресора, розташованого за вищезгаданим вхідним колесом.

Згідно з другим аспектом винахід стосується лопатки вхідного напрямного колеса газотурбінного двигуна, такого типу, яка має нерухому ділянку і рухомий щиток, що має можливість повороту навколо по суті радіальної напрямної, що виходить з обтічника передньої опори, причому вищезгадана лопатка обладнана протиобліднювачем за першим аспектом винаходу.

Згідно з третім аспектом винахід стосується газотурбінного двигуна, що включає в себе вхідне напрямне колесо, обладнане лопатками за другим аспектом винаходу. Цей газотурбінний двигун включає в себе щонайменше один протиобліднювач за першим аспектом винаходу.

Короткий опис креслень.

Винахід буде більш зрозумілим з детального опису, наведеного нижче, конкретних способів реалізації винаходу, зображених чисто ілюстративно і ні в якій мірі не обмежувальне, з посиланнями на прикладені схематичні креслення, на яких:

фіг. 1 являє собою поздовжній розріз газотурбінного двигуна, що показує місцеположення протиобліднювача;

фіг. 2 являє собою вид збоку лопатки вхідного напрямного колеса, показуючи нерухому ділянку, рухомий щиток, і колектор, причому частина задньої кромки нерухомої ділянки видалена;

фіг. 3, вже описана, зображує в поперечному розрізі лопатку вхідного напрямного колеса і її протиобліднювач згідно з рівнем техніки;

фіг. 4 зображує в поперечному розрізі лопатку вхідного напрямного колеса і її протиобліднювач за першим варіантом здійснення;

фіг. 5 аналогічна фіг. 4 для другого варіанта здійснення протиобліднювача;

фіг. 6 - це аксонометричне зображення другої форми другого варіанта здійснення протиобліднювача і

фіг. 7a, фіг. 7b, фіг. 7c, фіг. 7d схематично показують в розрізі, в подовжній площині, різні форми виконання випускних вікон.

Докладний виклад конкретних варіантів здійснення.

Звернемося передусім до фіг. 1, на якій спрощено зображений газотурбінний двигун 2, що включає в себе спереду вхідне напрямне колесо 4, утворене вхідним кожухом 6 по суті концентричним відносно обтічника 8 передньої опори, і лопатками 10. Лопатки 10 в свою чергу складаються з нерухомої ділянки 12 і рухомого щитка 18. На виході з вхідного напрямного колеса 4 розташовані класично один або декілька ступенів компресора 92, камера згоряння 94 і турбіна 96.

Протиобліднювач, згідно з винаходом, включає в себе засоби підведення гарячого повітря, показані на фіг. 1. Вони складаються з колектора 300, розташованого по периферії навколо кожуха 6 вхідного напрямного колеса 4. Вони включають в себе також щонайменше один канал 400 підведення, який з'єднує вищезгаданий колектор 300 з одним зі ступенів 920 компресора, від якого відбирають вищезгадане гаряче повітря. Якщо передбачено декілька каналів 400 підведення, то вони за варіантом, якому віддається перевага, розподілені рівномірно по периферії газотурбінного двигуна 2. Гаряче повітря, відібране від вищезгаданого ступеня 920 компресора, йде по каналу 400 підведення (стрілка 500) і поступає в колектор 300, звідки воно потім проникає в нерухомі ділянки лопаток 10.

На фіг. 2 більш точно показана лопатка 10 вхідного напрямного колеса, що має на вході нерухому ділянку 12 і на виході поворотний щиток 18. Нерухома ділянка 12 - це структурна деталь, яка жорстко з'єднана з одного боку з обтічником 8 передньої опори і, з іншого боку, з кожухом 6, який на ній закріплений. Вона включає в себе порожнистий корпус 13, передню кромку 14 і задню кромку 16, яка має U-подібну форму з основою 15 і гілками 162, 164, довгастими в напрямі виходу. Для кращого розуміння гілка 164 U-подібної задньої кромки 16 з боку спинки видалена і на фіг. 2 видна тільки гілка 162 U-подібної кромки 16 з боку внутрішнього вигину. Поворотний щиток має можливість повороту навколо по суті радіальної напрямної 22, що простягається від обтічника 8 передньої опори, за допомогою центральної цапфи 24, встановленої на вищезгаданому обтічнику 8 передньої опори, і периферійної цапфи 26, встановленої на вхідному кожусі 6, причому вищезгадані цапфи 24, 26 розташовані поблизу від передньої кромки 20 рухомого щитка 18.

Перший і другий варіанти здійснення протиобліднювача показані відповідно на фіг. 4 і фіг. 5. На цих фігурах зображений поперечний розріз нерухомої ділянки 12, рухомого щитка 18 лопатки 10 вхідного напрямного колеса.

Потік основного повітря, що поступає зовні в газотурбінний двигун і позначений на фігурах стрілками 30, приходить на передню кромку 14 нерухомої ділянки 12.

Потік вторинного гарячого повітря, що відбирається з одного зі ступенів компресора, 920, розташованого за вхідним напрямним колесом в газотурбінному двигуні 2, поступає через засоби підведення 300, 400 у вхідний кожух б і потім в кожний порожнистий корпус 13 нерухомої ділянки 12.

За першим варіантом здійснення протиобліднювача, показаним на фіг. 4, гілка 162, яка розташована з боку внутрішнього вигину задньої кромки 16 нерухомої ділянки 12, включає в себе щонайменше одне випускне вікно 202, через яке вторинне повітря витікає з порожнистого корпусу 13, як показано стрілкою 50. Це гаряче повітря обтікає потім внутрішній вигин рухомого щитка 18, як показано стрілкою 62. Таким чином, внутрішній вигин рухомого щитка 18 нагрівається безпосередньо за рахунок конвекції. Внаслідок цього запобігається утворення полою на внутрішньому вигині рухомого щитка 18. За першим варіантом здійснення тільки гілка 162, розташована з боку внутрішнього вигину має таке випускне вікно 202.

За другим варіантом здійснення протиобліднювача, показаним на фіг. 5:

- гілка 162, яка розташована з боку внутрішнього вигину задньої кромки 16 нерухомої ділянки 12, має щонайменше одне випускне вікно 202, через яке вторинне повітря витікає з порожнистого корпусу 13, як показано стрілкою 52,

- гілка 164, яка розташована з боку спинки задньої кромки 16 нерухомої ділянки 12, має щонайменше одне випускне вікно 204, через яке вторинне повітря витікає з порожнистого корпусу 13, як показано стрілкою 54.

Аналогічно першому варіанту здійснення гаряче повітря, витікаючи через випускне вікно 202, розташоване на гілці 162 з боку внутрішнього вигину нерухомої ділянки 12, обтікає потім внутрішній вигин рухомого щитка 18, як показано стрілкою 62. Таким чином, внутрішній вигин рухомого щитка 18 нагрівається безпосередньо за рахунок конвекції. Крім того гаряче повітря, витікаючи через випускне вікно 204, розташоване на гілці 164 з боку спинки нерухомої ділянки 12, обтікає потім спинку рухомого щитка 18, як показано стрілкою 64. Таким чином, спинка рухомого щитка 18 нагрівається безпосередньо за рахунок конвекції. Далі внутрішній вигин рухомого щитка 18 нагрівається непрямо внаслідок ефекту теплопровідності через товщу рухомого щитка 18, як показано стрілкою 80. Отже запобігання утворенню полою на внутрішньому вигині рухомого щитка 18 відбувається завдяки комбінації конвекції (стрілки 62, 64) і теплопровідності (стрілка 80). Цей другий варіант здійснення краще усього підходить для рухомих щитків 18, виконаних із теплопровідного матеріалу, і які мають по суті малу товщину для того, щоб ефект теплопровідності був би істотним. Згідно з другим варіантом здійснення одночасно гілки 162, розташовані з боку внутрішнього вигину, і гілки 164, розташовані з боку спинки, мають випускні вікна 202, 204.

Згідно з першою формою другого варіанта здійснення протиобліднювача випускні вікна 202, розташовані з боку внутрішнього вигину, і випускні вікна 204, розташовані з боку спинки, розташовані один проти одного, як це показано на фіг. 5.

Згідно з другою формою другого варіанта здійснення протиобліднювача випускні вікна 202, що знаходяться з боку внутрішнього вигину, і випускні вікна 204, що знаходяться з боку спинки, розташовані в шаховому порядку, як це видно на фіг. 6, на якій показана в аксонометрії задня кромка 16 U-подібної форми нерухомої ділянки 12 для цієї другої форми.

Згідно з першим або другим варіантом здійснення протиобліднювача випускні вікна 202, 204, розташовані на відповідній гілці 162, 164 «U», за варіантом, якому віддається перевага, розподілені рівномірно вздовж вищезгаданих гілок 162, 164 «U» і за варіантом, якому віддається перевага, вздовж всієї задньої кромки 16 нерухомої ділянки 12.

Випускні вікна 202 і відповідно 204, показані на фіг. 4, фіг. 5 і фіг. 6, одержані примиканням до гілки «U» з боку внутрішнього вигину гофрованого листа 152 і, відповідно, з боку спинки гофрованого листа 154, при цьому вищезгадані гофровані листи 152, 154 розташовані як продовження дна 15 задньої кромки 16 і перпендикулярно вищезгаданому дну 15. Цей гофрований лист 152, 154 одержаний шляхом механічної обробки або виливанням або за варіантом, якому віддається перевага, шляхом вирізання і штампування з плоского листа. У тих місцях, де гофрований лист 162, 163 не має контакту з гілками «U», утворюються створені таким чином випускні вікна 202, 204, призначені для проходу гарячого повітря з внутрішньої порожнини корпусу 13 нерухомої ділянки 12 до рухомого щитка 18.

З точки зору виконання перевага віддається виготовленню задньої кромки 16 нерухомої ділянки 12 таким чином, тому що меншає кількість необхідних операцій, і досить тільки однієї виробничої лінії для виготовлення нерухомої ділянки в цілому. Внаслідок цього вартість виготовлення також знижується.

Випускні вікна 202, 204 можуть мати різну форму. Приклади виконання цих різних форм показані на фіг. 7a, фіг. 7b, фіг. 7c, фіг. 7d, на яких схематично (вид збоку) показаний гофрований лист 152, 154. Вищезгаданий гофрований лист 152, 154 має виступні зони 166, призначені для примикання до гілок 162, 164 «U», і поглиблені зони 168, призначені для формування стінок випускних вікон 202, 204, визначаючи форму вищезгаданих випускних вікон 202, 204. На фіг. 7a, фіг. 7b, фіг. 7c, фіг. 7d стрілки 58 схематично ілюструють витікання гарячого повітря, яке повинне пройти через випускні вікна 202, 204.

Згідно з першим варіантом здійснення, показаним на фіг. 7a, геометрія поглиблених зон 168 надає випускним вікнам 202, 204 постійний прямий переріз.

Згідно з другим варіантом здійснення, показаним на фіг. 7b, геометрія поглиблених зон 168 надає випускним вікнам 202, 204 постійний переріз із нахилом вгору в напрямі стрілки 58 витікання гарячого повітря.

Згідно з третім варіантом здійснення, показаним на фіг. 7c, геометрія поглиблених зон 168 надає випускним вікнам 202, 204 постійний переріз із нахилом донизу в напрямі стрілки 58 витікання гарячого повітря.

Згідно з четвертим варіантом здійснення, показаним на фіг. 7d, геометрія поглиблених зон 168 надає випускним вікнам 202, 204 змінний переріз, наприклад, в формі трапеції.

Звичайно, передбачені і інші геометричні форми випускних вікон. Крім того, можна комбінувати вздовж гілки 162 з боку внутрішнього вигину і/або вздовж гілки 164 з боку спинки послідовність випускних вікон різної форми, наприклад: щонайменше одне випускне вікно, що має постійний прямий переріз, і/або щонайменше одне випускне вікно, що має постійний переріз із нахилом вгору, і/або щонайменше одне випускне вікно, що має постійний переріз із нахилом донизу, і/або щонайменше одне випускне вікно, що має змінний переріз.

Як показано на фіг. 2, з'єднання рухомого щитка 18 з кожною з цапф 24, 26 здійснене в зонах 186, 188 вищезгаданого рухомого щитка 18, які мають похилу геометричну форму по відношенню до іншої зони передньої

Перевага цих факультативних отворів ґрунтується на тому факті, що вони дозволяють підвести більш точно гаряче повітря до передньої кромки щитка біля цапф, внаслідок ефекту конвекції, потім до з'єднання між щитком і кожною з цапф внаслідок теплопровідності. Внаслідок цього можливо уникнути блокування руху повороту щитка, уникаючи появи полою біля цього з'єднання між щитком і кожною з цапф.



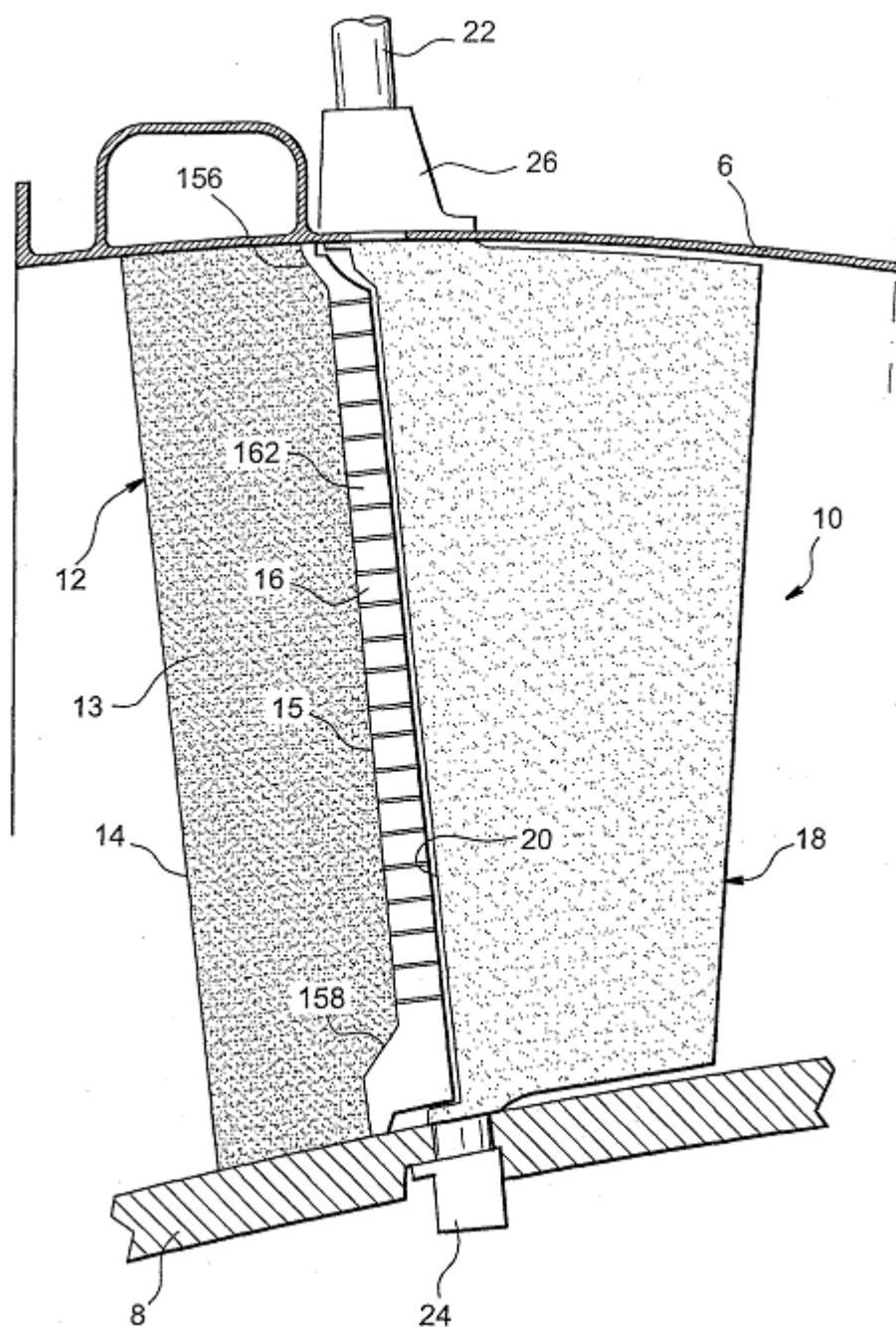


Fig. 2

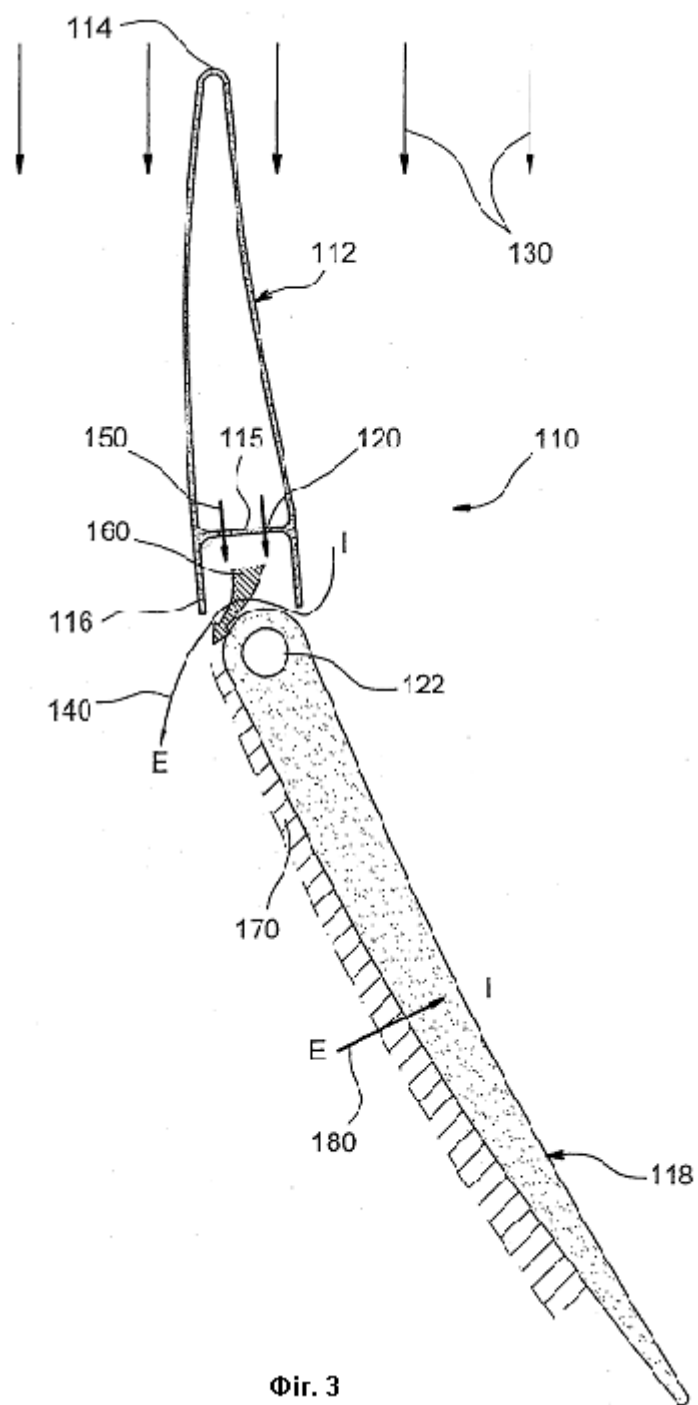


Fig. 3

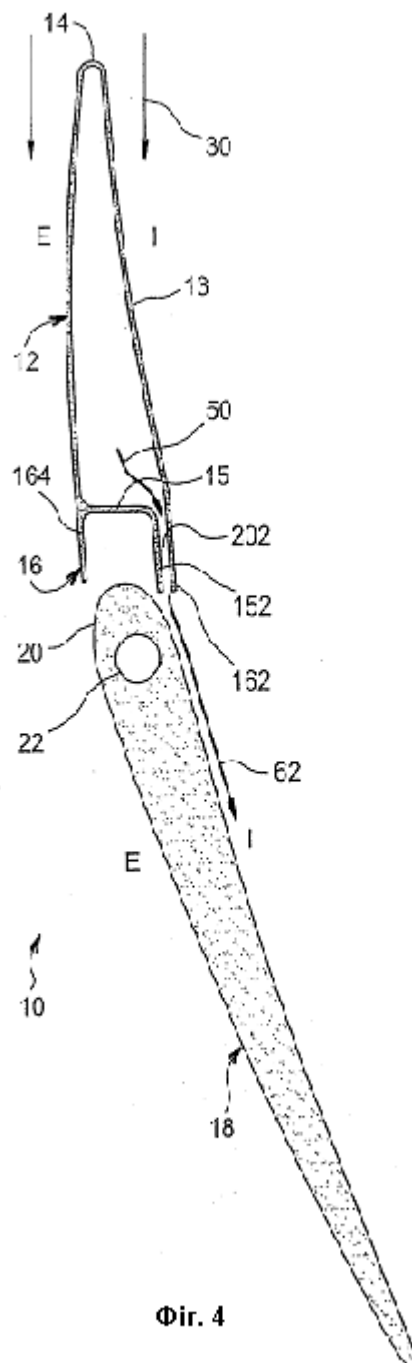


Fig. 4

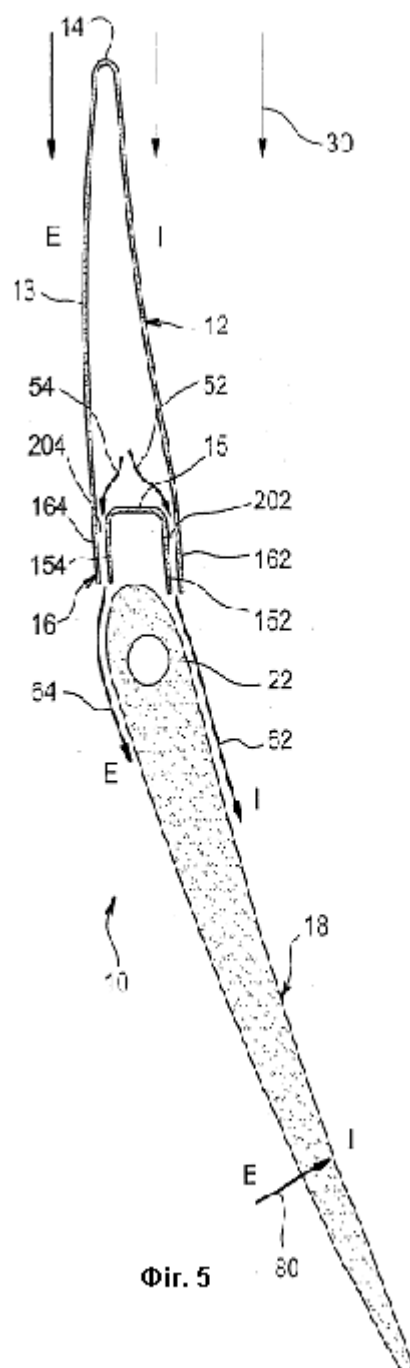


Fig. 5



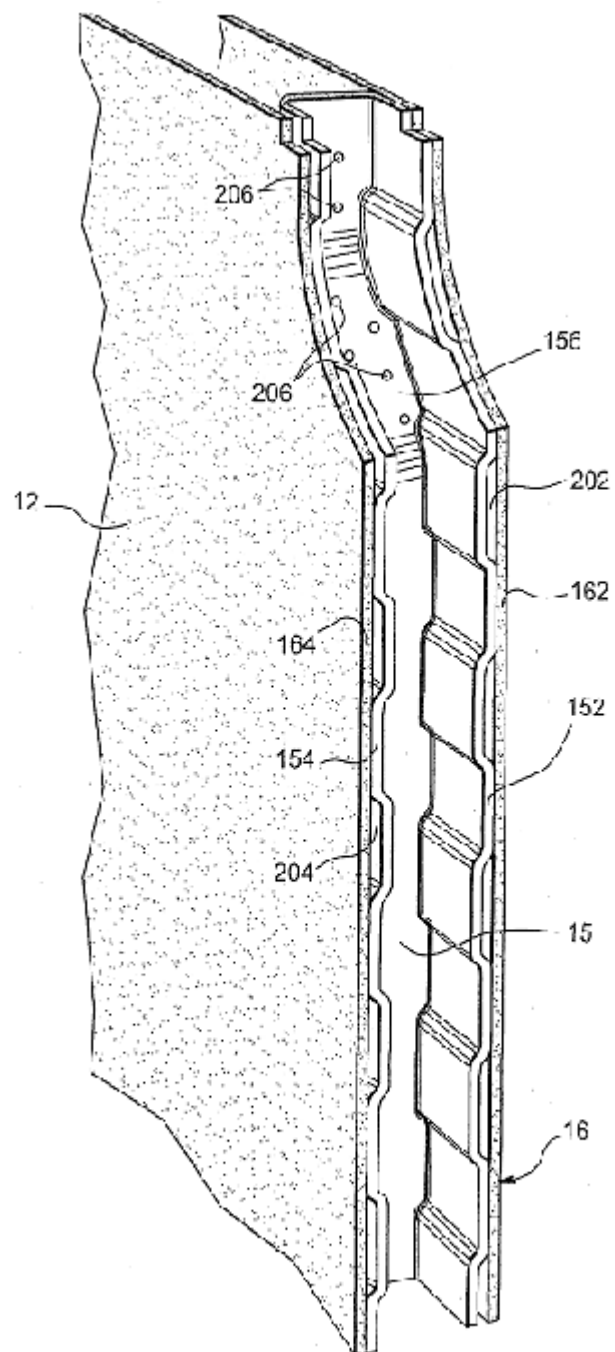


Fig. 6

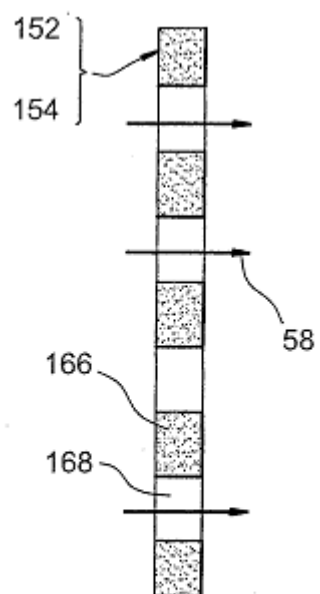


Fig. 7a

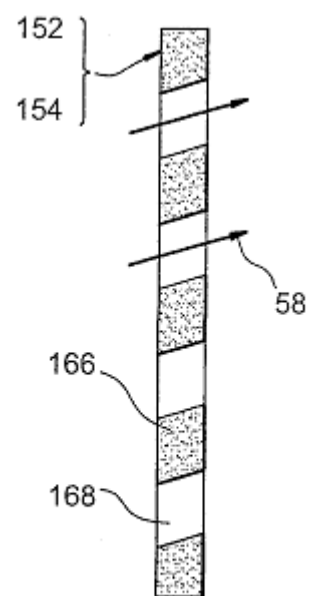


Fig. 7b

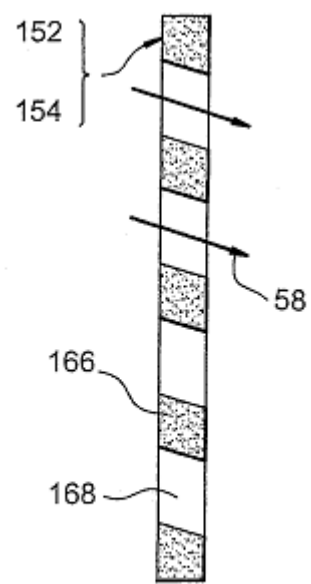


Fig. 7c

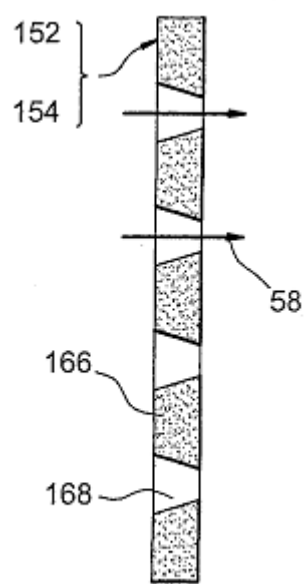


Fig. 7d