

Винахід стосується турбомашинобудування, а саме, роторів барабанного типу газотурбінних двигунів, де вузол кріплення являє собою з'єднання хвостовиків лопаток і поперечних кільцевих канавок однакового профілю (трапецеїдального), що виконані на обідній частині барабану.

Робочі лопатки є одними з найбільш відповідальних деталей турбомашини, від конструктивної досконалості і довговічності яких залежить надійна робота двигуна в цілому. На них діють інерційні та аеродинамічні сили, що викликають в них напругу вигину, розтягання та кручення. Робочі лопатки зазнають також суттєві вібраційні напруги внаслідок коливань. Тому особливо важливою задачею є вибір конструктивного виконання пристрою для кріплення робочих лопаток в роторі.

З'єднання хвостовиків лопаток та поперечних кільцевих канавок однакового профілю забезпечує стабільність частот власних коливань лопаток краще, ніж всі відомі конструкції. Проте, виникають труднощі кріплення останньої робочої лопатки, що вводиться в кільцеву канавку через завантажувальний отвір.

Відома деталь для фіксації лопаточних вінців в пазах диска по патенту ФРН DE №3248021 (1), де через завантажувальний отвір в кільцеву канавку вводиться стопорний елемент у вигляді фасочної профільної пластини, яка приймає в себе одну чи дві лопатки, розміщені на внутрішньому діаметрі кільцевої канавки з конфігурацією стопорного елемента по контуру завантажувального отвору.

Недоліком цієї конструкції є чималий зазор (товщина пластини) між хвостовиком лопатки та внутрішнім діаметром кільцевої канавки, що призводить до значних переміщень лопаток у вертикальному напрямі. Жорсткість кріплення одної чи двох робочих лопаток відрізняється від жорсткості кріплення решти лопаток ступеню.

Відомий пристрій для кріплення робочих лопаток ротору барабанного типу по патенту ФРН №2409701 (2), в якому робочі лопатки своїми хвостовиками через завантажувальний пристрій вставлені в кільцеву канавку обода диску, а як стопорний елемент в той же завантажувальний отвір вводиться пружинний елемент, який після установки останньої лопатки пересувається до тої пори, поки не відтиснеться в свою колишню форму, при цьому він фіксується зовнішніми кінцями у виїмці бічних поверхностей кільцевої канавки. На зстикуванні між собою полках останньої та передостанньої лопаток розміщені два отвори для забезпечення допуску до пружинного елемента.

Недоліком указаної конструкції є передача крутного моменту через пружинний елемент. Навантаження на лопатки, як часто змінюються (коливання), можуть призвести до спрацювання пружинного елемента. Під час дії відцентрових навантажень, зумовлених високою швидкістю обертання ротора, виникає небезпека ослаблення та деформації пружинного елемента.

Крім того, вищеописані конструкції мають ряд спільних недоліків, а саме: фіксація лопаточного поясу на кожному ступеню здійснюється в одній точці, що призводить до набігання допусків на ширини полків лопаток і, як наслідок, це викликає необхідність виготовлення індивідуального стопорного елемента (1) та пружинного елемента (2);

залишаються вікно (1) і вікно (2) в проточній частині ротора, що призводить до викривлення газодинамічного тракту;

наявність додаткової зосередженої маси (стопорний елемент, пружинний елемент) призводить до появи небаланса, що тягне за собою збільшення трудомісткості балансування ротора;

в зв'язку з різною кількістю робочих лопаток по ступінням ротора на кожний ступінь потрібні свої стопорні елементи (1) і пружинні елементи (2), що ускладнює конструкцію.

Найбільш близьким по своїй технічній суті до пристрою, що заявляється, є пристрій по патенту ФРН №2237348, в якому робочі лопатки своїми хвостовиками через завантажувальний отвір вставлені в кільцеву канавку. В пристрої передбачений один проміжний стопорний елемент лопаток, який складається з внутрішньої частини, що пересувається всередині кільцевої канавки в коловому напрямі, а також з зовнішньої частини, які розтискаються один проти одного в потрібному кінцевому положенні з допомогою різьбового штифта. Стопорний елемент знаходиться поміж останньою і передостанньою лопатками, що вставляються. Для обмеження переміщення поясу робочих лопаток в сторону, протилежну обертанню ротору, хвостовик останньої лопатки виконаний подовженим та установлений у виїмку на основі кільцевої канавки.

Недоліками цієї конструкції є:

наявність додаткової зосередженої в одній точці маси (розтискаючий елемент, збільшений хвостовик лопатки), що призводить до збільшення небалансу та трудомісткості балансування ротора;

в зв'язку з різною кількістю лопаток по ступінням на кожний ступінь потрібні свої розтискаючі пристрої та індивідуальна лопатка, що відрізняється конфігурацією хвостовика;

фіксація лопаточного поясу на кожному ступеню призводить до набігання допусків на ширини полків лопаток і, як наслідок, до підгонки по місцю верхньої платформи розтискаючого елемента;

жорсткість кріплення останньої та передостанньої лопаток відрізняється від жорсткості кріплення інших лопаток ступеню.

Задачею винаходу є удосконалення вузла кріплення робочих лопаток ротора осьової турбомашини шляхом спрощення конструкції, за рахунок чого зменшується трудомісткість виготовлення та балансування, забезпечується висока точність та однакова жорсткість установки лопаток, що підвищує надійність двигуна взагалі.

Поставлена задача вирішується тим, що у вузлі кріплення робочих лопаток ротора осьової турбомашини, який містить поперечну кільцеву канавку з завантажувальним отвором, профіль якої повторює профіль хвостовиків робочих лопаток, проміжні стопорні елементи такого ж профілю з різьбовими штифтами, що установлені між парою хвостовиків робочих лопаток з можливістю постановки різьбового штифта зі сторони проточної частини, виїмки на полках лопаток, які контактують із стопорящими елементами, відповідно до винаходу, лопаточний пояс розділений на ряд рівномірно розміщених по колу секторів, в каналах між якими установлені проміжні стопорні елементи, осі яких збігаються з осями лунок, виконаних в основі поперечної кільцевої канавки, при цьому проміжні стопорні елементи виконані у вигляді вставок, по осі яких установлені різьбові штифти з платформами, що мають можливість зайняти положення впотай в пазах вставок, при цьому

діаметри платформ дорівнюють діаметрам лунок в основі кільцевої канавки, крім того, ширина полки останньої робочої лопатки кожного сектора, що контактує із стопорним елементом, виконана з припуском +1мм. Завантажувальні отвори в кільцевих канавках виконані в шаховому порядку по лопаточним поясам ротору.

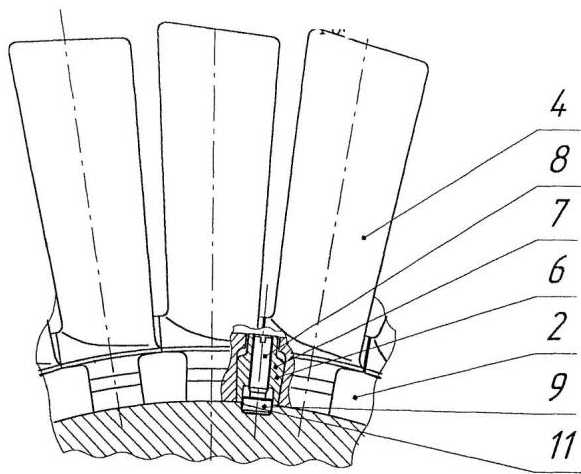
При складанні вузла кріплення робочих лопаток ротора осьової турбомашини шляхом установки робочих лопаток та проміжних стопорних елементів в кільцеву канавку ротора через завантажувальний отвір, відповідно до винаходу, полку останньої лопатки кожного сектора, що має припуск +1мм виїмку, доробляють, слюсарним шляхом для забезпечення постановки наступного стопорного елемента, крім того, під час установки останньої лопатки в останньому секторі лопаточного поясу для забезпечення можливості колового переміщення лопаточного поясу різьбові штифти стопорних елементів всіх секторів піднімають вище основи кільцевої канавки і їх платформи заводять у пази вставок стопорних елементів впотай, а після установки лопатки різьбові штифти опускають, їх платформи заводять у лунки на основі кільцевої канавки і фіксують стопорний елемент зміщенням матеріалу вставки в шліці різьбового елемента, наприклад, кернуванням.

Розділення лопаточного поясу ступеню на рівномірні сектори з забезпеченням їх фіксації за допомогою проміжних стопорних елементів, кількість яких дорівнює кількості секторів, забезпечує високу точність установки лопаток. Наявність припуску на полиці останньої лопатки кожного сектора з наступною слюсарною доробкою цієї полки при складанні вузла забезпечує щільну постановку лопаток у роторі, однакову жорсткість їх закладання, завдяки чому положення лопаток при роботі не змінюється, що підвищує надійність двигуна взагалі. Виконання завантажувальних отворів в кільцевих канавках в шаховому порядку по лопаточним поясам ротору покращує балансувальні характеристики ротора.

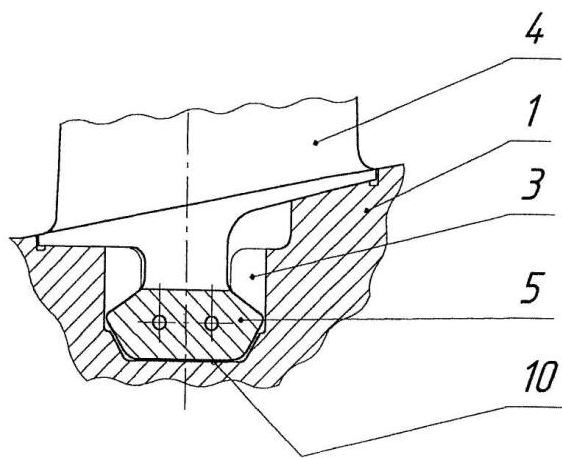
На мал.1 представлений поперечний розріз ступеню ротора барабанної конструкції із стопорним елементом. На мал.2 в збільшеному масштабі показано постановку лопатки хвостовиків в кільцеву канавку і завантажувальний отвір. На мал. 3 показана крайня в секторі лопатка з виїмкою, що сполучена із стопорним елементом. На мал.4 показаний вид зверху на ступінь робочих лопаток з положенням стопорного елемента відносно завантажувального отвору. На мал.5 показано схему розміщення завантажувальних отворів по лопаточним поясам ротору барабанного типу.

Вузол для кріплення робочих лопаток ротора, наприклад, барабанного типу, осьової турбомашини містить барабан 1, в якому виконані поперечні кільцеві канавки 2. Кожна кільцева канавка 2 має завантажувальний отвір 3, через який заводяться робочі лопатки 4 з хвостовиками 5, що мають такий же профіль, як і кільцеві канавки. Поміж хвостовиками 5 робочих лопаток 4 розміщені стопорні елементи 6, які являють собою вставку 7, що повторює по профілю кільцеву канавку і хвостовик лопатки, а також має паз, в вертикальну вісь якої установлений різьбовий штифт 8 з платформою 9, який має можливість зайняти положення впотай в пазу вставки 7. На основі 10 кільцевої канавки 2 виконані лунки 11, вісі яких збігаються з вісями стопорних елементів. Кількість стопорних елементів 6 і лунок 11 відповідає прийнятій кількості секторів на ступені. Ширина полки останньої робочої лопатки сектора, контактуючої із стопорним елементом, виконана з припуском +1мм. На полках лопаток, контактуючих із стопорним елементом, виконані виїмки 12, радіус яких дорівнює 0,5 діаметра різьбових штифтів стопорних елементів.

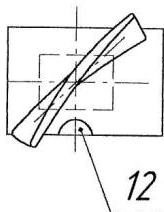
Спосіб складання конструкції, що заявляється, полягає в наступному. Через завантажувальний отвір 3 в кільцеву канавку 2 ротора установлюють перший проміжний стопорний елемент 6, при цьому платформу 9 його різьбового штифта 8 заводять у лунку 11 на основі 10 кільцевої канавки 2. Потім набирають сектор із необхідної кількості лопаток, наприклад, із 10...12 лопаток. При несприятливому розкладі допусків на ширині полиць, полку останньої лопатки сектора, що має виїмку 12 і припуск +1мм, доробляють слюсарним шляхом для забезпечення постановки наступного стопорного елемента 6, який установлюють аналогічно попередньому. Таким чином набирають сектора робочих лопаток в потрібній кількості. Останню робочу лопатку в останньому секторі установлюють таким чином. Різьбові штифти 8 проміжних стопорних елементів 6 всіх секторів піднімають вище основи 10 кільцевої канавки 2 і заводять платформи 9 різьбових штифтів 8 в пази вставок 7 стопорних елементів впотай. Лопаточний пояс, що отримав можливість колового переміщення, повертають на 0,5 кроку між лопатками в напрямі завантажувального отвору 3 таким чином, щоб вісь завантажувального отвору збіглась з віссю проміжку для останньої лопатки. Потім вставляють останню лопатку, після чого лопаточний пояс повертають на 0,5 кроку між лопатками в напрямі від завантажувального отвору. Платформи 9 різьбових штифтів 8 опускають в лунки 11 на основі 10 кільцевої канавки 2. Фіксують стопорний елемент зміщенням матеріалу вставок в шліці різьбового штифта, наприклад, кернуванням.



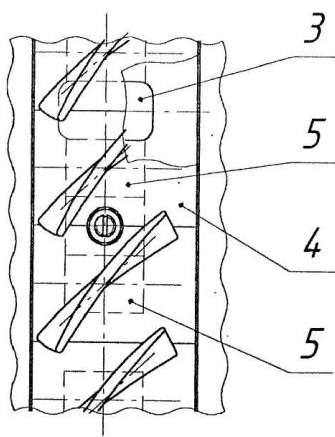
Фиг. 1



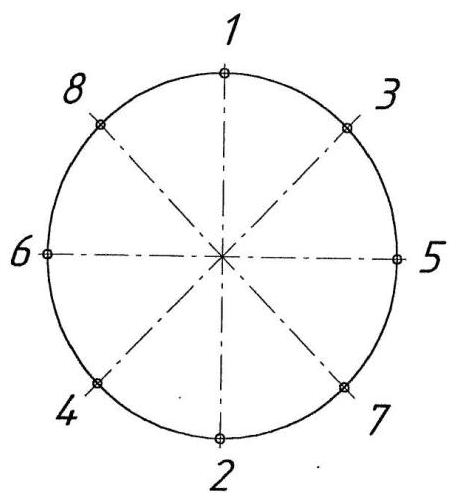
Фиг. 2



Фиг. 3



*Фиг. 4*



*Фиг. 5*