



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **125544** (13) **C2**
(51) МПК (2022.01)
G01L 5/13 (2006.01)
G01M 13/00
G01M 15/14 (2006.01)
F02K 9/96 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2020 03372</p> <p>(22) Дата подання заявки: 03.06.2020</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 14.04.2022</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 08.12.2021, Бюл.№ 49</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 13.04.2022, Бюл.№ 15</p>	<p>(72) Винахідник(и): Білець Антон Юрійович (UA), Бірюков Павло Анатолійович (UA), Драчевський Василь Жоржович (UA), Пушилін Олексій Євгенійович (UA), Тимошенко Сергій Іванович (UA), Торба Юрій Іванович (UA), Улітенко Юрій Олександрович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО "ЗАПОРІЗЬКЕ МАШИНОБУДІВНЕ КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО "ПРОГРЕС" ІМЕНІ АКАДЕМІКА О.Г. ІВЧЕНКА", вул. Іванова, 2, м. Запоріжжя, 69068 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 129234 U1, 20.06.2013 RU 135799 U1, 20.12.2013 RU 148269 U1, 27.11.2014 US 3834222 A, 10.09.1974 US 3837220 A, 24.09.1974 KR 101441414 B1, 25.09.2014 GB 1384931 A, 26.02.1975 RU 2528467 C2, 20.09.2014</p>
--	--

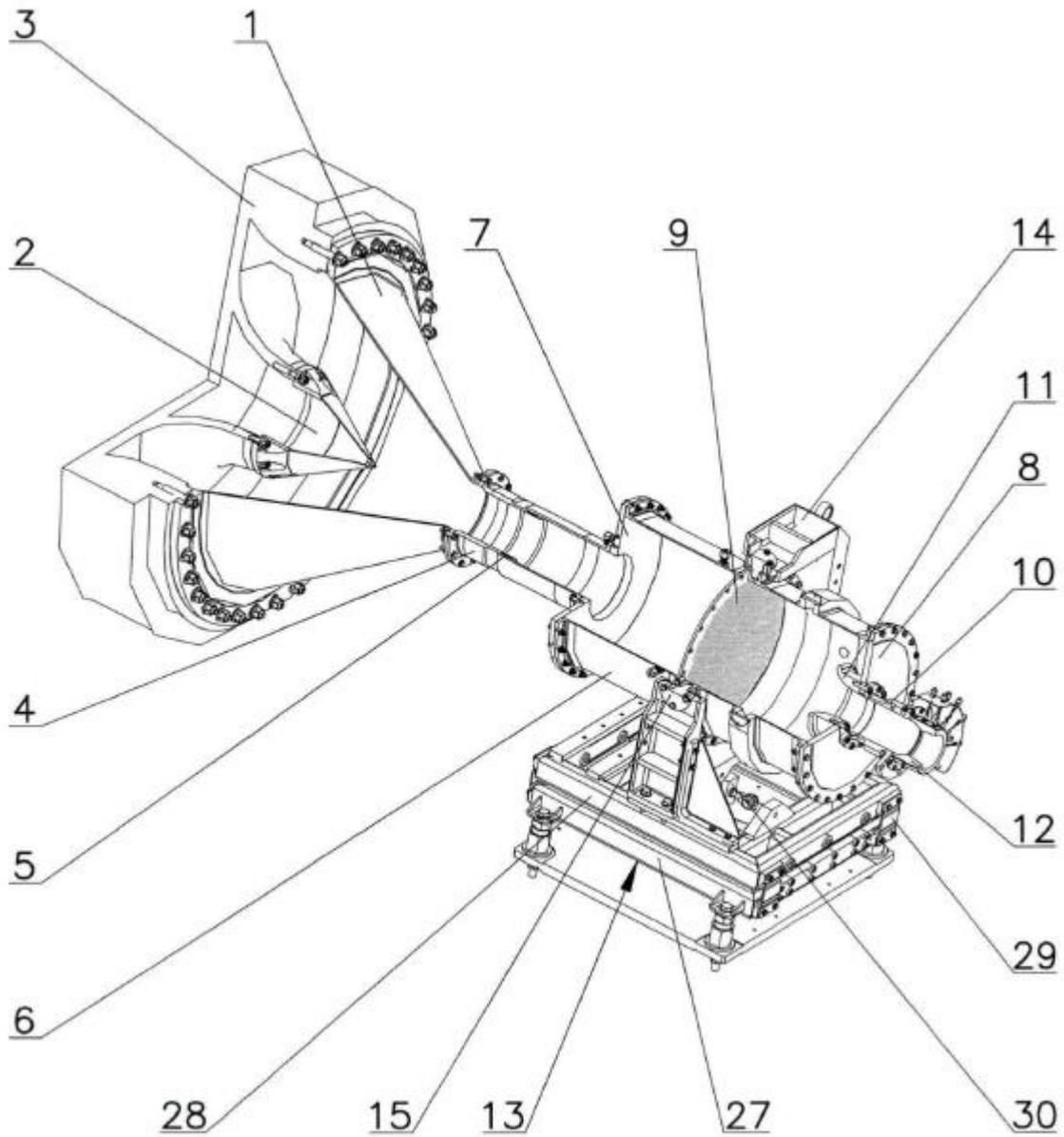
(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ СОПЛА ПОВІТРЯНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГУНА

(57) Реферат:

Даний винахід належить до області стендових випробувань різних конфігурацій і типів сопел ПРД в умовах близьких до польотних. Заявлена установка для випробування сопла ПРД містить вимірювальні засоби та ресивер циліндричної форми зі знімними передньою та задньою стінками. Своєю передньою знімною стінкою ресивер з'єднаний із підвідним трубопроводом, який обладнаний витратним лабіринтовим ущільненням, а задня знімна стінка ресивера виконана з можливістю рознімного з'єднання з випробовуваним соплом. Усередині ресивера розміщена заспокійлива решітка. До внутрішнього фланця задньої знімної стінки ресивера кріпиться вхідний насадок лемніскатного профілю, а до зовнішнього її фланця - витратомірне проставлення, через фланець якого здійснюється рознімне з'єднання випробовуваного сопла. Як вимірювальні засоби використовують датчики виміру статичного тиску, датчики виміру повного тиску та приймачі температури, а також силовимірювальну систему, яка являє собою дві паралельні платформи, одна з яких нерухома, а друга горизонтально рухома відносно першої, що з'єднані між собою пружними стрічками й тензорезисторним S-образним датчиком лінійної дії. Винахід полягає у підвищенні точності

UA 125544 C2

вимірювання й ефективності випробувань сопла ПРД шляхом гасіння автоколиваний установки, що виникають за рахунок плинну стисненого повітря усередині установки.



Фіг. 2

Технічне рішення, що заявляється, належить до області стендових випробувань різних конфігурацій і типів сопл повітряно-реактивних двигунів (ПРД) в умовах близьких до польотних.

3 рівня техніки відомі пристрої для виміру тяги реактивних сопл (Аэромеханика и газовая динамика. Москва, "Наука", 1976, ст. 72), що містять порожнистий тонкостінний циліндр із
5 наклеєними на нього тензодатчиками, з'єднаними у вимірювальний міст, газопровідний трубопровід, випробовуване та еталонне сопла.

Недоліками пристроїв є низька економічність, обумовлена витратою газу через еталонне сопло та необхідністю виготовлення набору еталонних сопл, а також недостатня точність вимірювань, пов'язана з автоколиваннями, що виникають як за рахунок плинності газу усередині
10 трійника й сопл, так і за рахунок підсмоктувального ефекту струменів газу, що витікає з випробовуваного та еталонного сопл.

Відомо пристрій для виміру тяги сопл (авторське свідоцтво СРСР № 987 424, МПК G01L 5/13, заявка від 24.07.1981), що містить консольний газопровідний трубопровід, з'єднаний з основою через тензометричний стакан, і розвантажувальний вузол, який виконаний у вигляді
15 герметичної ємності з можливістю зміни об'єму від тиску. Герметична ємність сполучена з консольним газопровідним трубопроводом клапаном впуску, а з атмосферою - клапаном випуску газу. При цьому герметична ємність поміщена в бак, заповнений рідиною. На зовнішній поверхні герметичної ємності встановлені перфоровані ребра й пластини.

У пристрої для виміру тяги сопл забезпечується достатня точність вимірювань за рахунок гасіння автоколивань, однак при цьому пристрій є низько економічним, тому що потрібно певний час виходу пристрою на сталий розрахунковий режим випробувань і додаткова витрата
20 робочого газу високого тиску.

У рівні техніки слід згадати пристрій для діагностування реактивного струменя (авторське свідоцтво СРСР № 1548 685, МПК G01M 15/00, G01L 5/13; заявка від 06.11.1987). Даний пристрій містить установлений на державці решітчастий екран, датчики тиску й температури із системою реєстрації параметрів струменя, а також тензоваги. При цьому елементи решітки виконані у вигляді аеродинамічних профілів. При обтіканні реактивним струменем аеродинамічних профілів на останніх виникають сила опору потоку, що набігає, піднімальна
25 сила й момент крутіння щодо осі решітчастого екрана. Зазначені сили фіксуються тензовагами, сигнали з яких приймаються системою реєстрації параметрів, а згаданими датчиками вимірюються параметри струменя й атмосферного повітря.

При проведенні випробувань точність вимірювань параметрів сопл буде знижуватися за рахунок ежекції потоку, що виникає при витіканні реактивного струменя на зрізі сопл. При цьому зазначена погрішність вимірювань буде зростати при збільшенні швидкості реактивного
35 струменя.

Також недоліком є вузький діапазон застосування аеродинамічних профілів по витраті робочого тіла. При перевищенні даних обмежень виникає нестійкість у роботі аеродинамічних профілів, що призведе до одержання невірних результатів випробувань.

Через те, що форма профілю має багато індивідуальних особливостей сила опору потоку, що набігає, і піднімальна сила, які виникають при обтіканні реактивним струменем аеродинамічних профілів, не дозволяють точно визначити значення тяги сопл.
40

Найбільш близьким технічним рішенням, обраним за прототип, є стенд для випробування сопл (патент RU 2 528 467, МПК: G01M 15/00, G01M 13/00, F02K 9/96; заявка від 25.12.2012), що містить підвідний трубопровід, який з'єднаний з ресивером циліндричної форми. При цьому ресивер виконаний з можливістю рознімного з'єднання з випробовуваним соплом у двох взаємно перпендикулярних площинах за допомогою знімних фланцевих накладок і з
45 можливістю обпирання вимірювальними засобами на корпус ресивера, а підвідний трубопровід обладнаний пружною вставкою у вигляді сільфона. У якості вимірювальних засобів використовують однокомпонентні датчики сили, які закріплені на корпусі ресивера вимірювальними штангами в трьох взаємно перпендикулярних напрямках з упором у корпус ресивера для його втримання.
50

Застосування згаданих вимірювальних засобів приводить до зменшення точності вимірювань через їхній нерівномірний вплив на установку під час проведення досліджень, а силовимірювальна система розглянутого стенда втрачає чутливість до виміру тяги через
55 підвищення жорсткості сільфона при подачі в його порожнину надлишкового тиску.

Завдання, на виконання якого спрямоване пропоноване технічне рішення, є розробка конструкції установки, що дозволяє виконувати випробування різних конфігурацій і типів сопл ПРД із імітацією параметрів потоку на вході в сопло для визначення коефіцієнта тяги, коефіцієнта відновлення повного тиску, а також коефіцієнта витрати випробовуваного сопл.

Технічний результат, що досягається при вирішенні поставленого завдання, виражається в підвищенні точності вимірювання й ефективності випробувань сопла ПРД шляхом гасіння автоколиваний установки, що виникають за рахунок плинності стисненого повітря усередині установки.

5 Зазначене завдання вирішується тим, що установка для випробування сопла ПРД містить вимірювальні засоби та ресивер циліндричної форми зі знімними передньою та задньою стінками. Своєю передньою знімною стінкою ресивер з'єднаний із підвідним трубопроводом, який обладнаний витратним лабіринтовим ущільненням, а задня знімна стінка ресивера виконана з можливістю рознімного з'єднання з випробовуваним соплом. Усередині ресивера розміщена заспокійлива решітка. До внутрішнього фланця задньої знімної стінки ресивера кріпиться вхідний насадок лемніскатного профілю, а до зовнішнього її фланця - витратомірне проставлення, через фланець якого здійснюється рознімне з'єднання випробовуваного сопла. В якості вимірювальних засобів використовують датчики виміру статичного тиску, датчики виміру повного тиску та приймачі температури, а також силовимірювальну систему, яка являє собою дві паралельні платформи, одна з яких нерухома, а друга горизонтально рухома відносно першої, що з'єднані між собою пружними стрічками й тензорезисторним S-подібним датчиком лінійної дії.

20 Ознака "підвідний трубопровід обладнаний витратним лабіринтовим ущільненням" дозволяє забезпечити підведення стисненого повітря до ресивера й виключити вплив ущільнення на результати вимірювання тяги при подачі надлишкового тиску, що, у свою чергу, підвищить точність вимірювань і ефективність випробувань сопла ПРД.

Ознака "усередині ресивера розміщена заспокійлива решітка" дозволяє організувати необхідну рівномірність і стаціонарність потоку стисненого повітря через установку, що також приведе до підвищення точності вимірювань і ефективності випробувань.

25 Ознака "до внутрішнього фланця задньої знімної стінки ресивера кріпиться вхідний насадок лемніскатного профілю, а до зовнішнього її фланця - витратомірне проставлення, через фланець якого здійснюється рознімне з'єднання випробовуваного сопла" дозволяє забезпечити рівномірність полів швидкостей і тисків, а також відсутність пульсацій потоку стисненого повітря на вході у випробовуване сопло при малій масі й простоті конструкції. Крім цього застосування даної ознаки дозволяє виконати точне визначення витрати стисненого повітря під час проведення випробування сопла ПРД.

30 Ознака "в якості вимірювальних засобів використовують датчики виміру статичного тиску, датчики виміру повного тиску, приймачі температури, а також силовимірювальну систему, яка являє собою дві паралельні платформи, одна з яких нерухома, а друга горизонтально рухома відносно першої, що з'єднані між собою пружними стрічками й тензорезисторним S-подібним датчиком лінійної дії" надає достовірну картину робочих параметрів випробовуваного сопла ПРД, що дозволяє з високою точністю визначити тягу випробовуваного сопла.

Технічне рішення, що заявляється, пояснюється наступними фігурами:

40 фіг. 1 - схема установки для випробування сопел ПРД;

фіг. 2 - установка з випробовуваним соплом ПРД.

До складу конструкції установки для випробування сопла ПРД входять наступні основні елементи:

- проставлення 1 (див. фіг. 1, 2) і стікач 2, що являють собою зовнішній і внутрішній конуса відповідно і приєднані до газозбірника 3;
- 45 - підвідний трубопровід 4 обладнаний витратним лабіринтовим ущільненням 5;
- ресивер 6 циліндричної форми зі знімними передньою 7 і задньою 8 стінками, а також заспокійливою решіткою 9, розміщеною усередині ресивера 6;
- витратомірне проставлення 10, прикріплене до фланця задньої стінки 8 ресивера 6 з її зовнішньої сторони;
- 50 - вхідний насадок 11 лемніскатного профілю, прикріплений до фланця задньої стінки 8 ресивера 6 з її внутрішньої сторони;
- випробовуване сопло 12 ПРД, прикріплене до заднього фланця витратомірного проставлення 10;
- силовимірювальна система 13 з порталом 14, що являє собою П-подібну конструкцію з вузлами підвіски 15 ресивера 6;
- 55 - стояк 16 (див. фіг. 1), що є силовим елементом опори та служить для фіксації всієї установки в просторі, закріплений на опорній плиті 17, вмонтованої в підлогу 18 стенда;
- вихлопний колектор 19.

60 Як вимірювальні засоби використовують наступні датчики виміру статичного та повного тисків, а також приймачі температури, які вимірюють зазначені параметри для надання

достовірної картини робочих параметрів випробовуваного сопла ПРД задля визначення його тяги (див. фіг. 1):

- датчики 20 виміру статичного тиску, розташовані віялоподібно по концентричних окружностях передньої стінки 7 ресивера 6;

5 - датчики 21 виміру статичного тиску, розташовані рівномірно по окружності зовнішньої циліндричної поверхні ресивера 6 перед заспокійливою решіткою 9;

- датчики 22 виміру статичного тиску й приймачі 23 температури, розташовані рівномірно по окружності зовнішньої циліндричної поверхні ресивера 6 за заспокійливою решіткою 9;

10 - датчики 24 виміру повного тиску й приймачі 25 температури, розташовані рівномірно по окружності зовнішньої циліндричної поверхні витратомірного проставлення 10;

- датчики 26 виміру тиску, розташовані рівномірно по лінії робочого профілю й на виході випробовуваного сопла 12.

Установка для випробування сопла ПРД працює в такий спосіб.

15 У ресивер 6 (див. фіг. 1, 2), виконаний циліндричної форми для мінімізації втрат повного тиску й більш рівномірного розподілу потоку стисненого повітря при випробуваннях, а також зниження матеріаломісткості та трудомісткості виготовлення, від газозбірника 3, який є частиною стендової системи підготовки й подачі повітря, через підвідний трубопровід 4 надходить підготовлене стиснене повітря із заданими параметрами по тиску, температурі (повітря попередньо нагріте в підігрівачі) і витраті. При цьому конусоподібні проставлення 1 і
20 стікач 2 організують рівномірний плин стисненого повітря, а лабіринтове ущільнення 5 підвідного трубопроводу 4 забезпечує витратне з'єднання проставлення 1 і ресивера 6 із врахованою втратою стисненого повітря, а також компенсує температурні й лінійні деформації підвідного трубопроводу 4.

25 Стиснене повітря, проходячи через ресивер 6 із заспокійливою решіткою 9, попадає у вхідний насадок 11, а потім у витратомірне проставлення 10. Заспокійлива решітка 9 забезпечує рівномірність потоку стисненого повітря в ресивері 6 перед вхідним насадком 11, а вхідний насадок 11, що має лемніскатний профіль, організує рівномірне підведення стисненого повітря з ресивера 6 на вхід випробовуваного сопла 12 ПРД, яке виконано круглим вісесиметричним.
30 Витратомірне проставлення 10 забезпечує можливість кріплення випробовуваного сопла 12, а також точне визначення витрати стисненого повітря під час проведення випробувань сопла 12.

35 З витратомірного проставлення 10 стиснене повітря попадає в канал випробовуваного сопла 12, де воно розширюється. Датчики 26 виміру тиску, що розташовані по лінії робочого профілю й на виході випробовуваного сопла 12, реєструють зміни тиску безпосередньо у випробовуваному соплі 12. Тяга, що виникає при витіканні стисненого повітря через випробовуване сопло 12, передається через вузли підвіски 15 ресивера 6 на силовимірювальну систему 13. Згадана силовимірювальна система 13 являє собою дві паралельні платформи, одна з яких - нижня 27 - нерухома й закріплена на стояку 16, а інша - верхня 28 - горизонтально рухома відносно нижньої 27 платформи. Між собою нижня 27 і верхня 28 платформи з'єднано
40 чотирма пружними стрічками 29 і тензорезисторним S-подібним датчиком 30 лінійної дії. При цьому пружні стрічки 29 забезпечують рухливість верхньої 28 платформи відносно нижньої 27, а за допомогою тензорезисторного S-подібного датчика 30 силовимірювальна система 13 реєструє тягу сопла. Після проведення необхідних вимірювань підведення стисненого повітря припиняють.

45 Конструкція технічного рішення, що заявляється, дозволяє імітувати параметри потоку на вході в сопло ПРД при випробуванні дозвукових сопел, надзвукових конічних сопел і сопел типу сопла Лавалю, а також дозвукових і надзвукових сопел довільного поперечного перерізу й конфігурації (круглих, квадратних, трикутних, плоских).

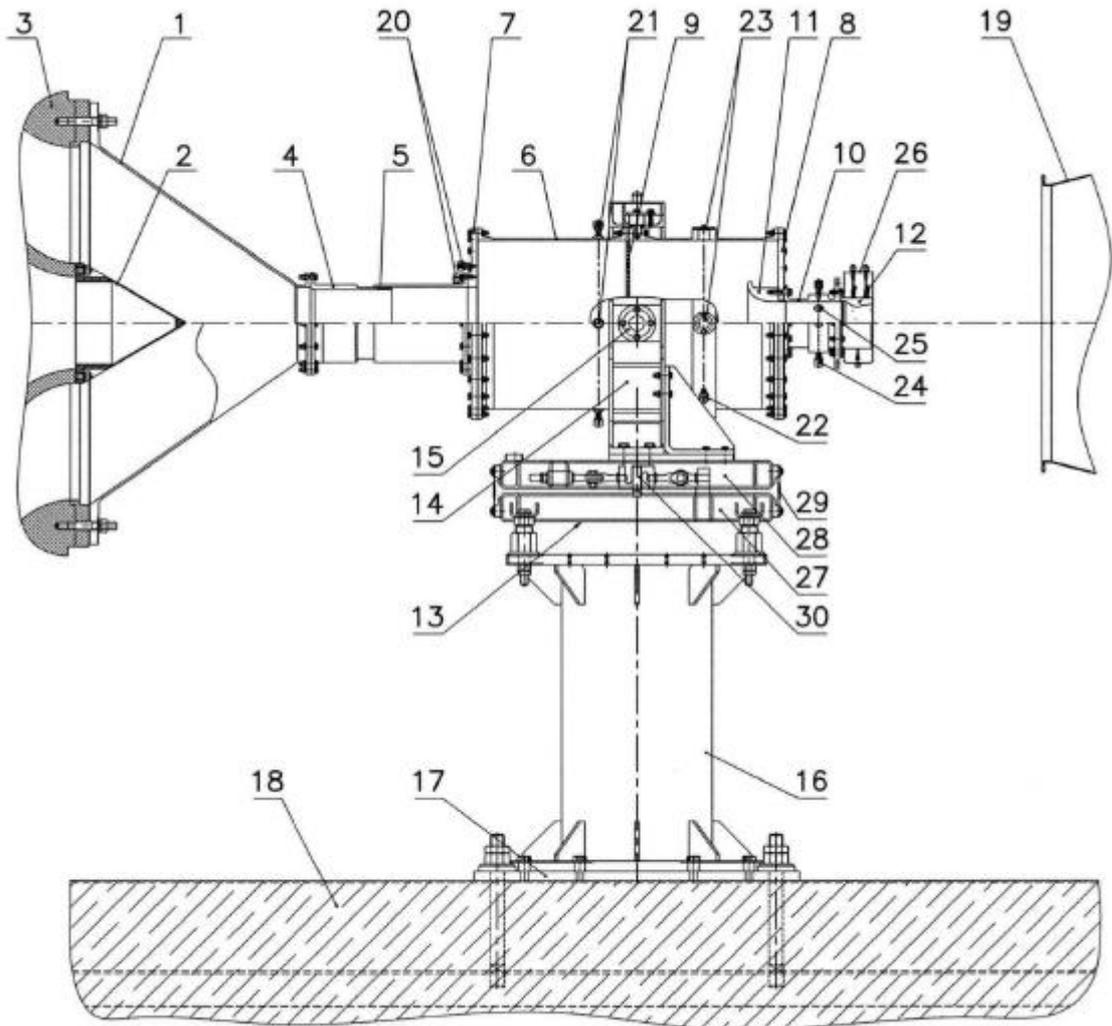
50 За результатами проведених робіт з випробування сопла ПРД на базі установки, що заявляється, можливе визначення значення тяги і її втрат, коефіцієнтів тяги, витрати, швидкості, а також втрат повного тиску сопла.

55 На сьогоднішній день на підприємстві заявника проводяться випробування вісесиметричних сопел ПРД конічної і профільованої конфігурацій. Надалі на установці, що заявляється, передбачається випробування сопел трикутного, прямокутного, квадратного й овального перерізів.

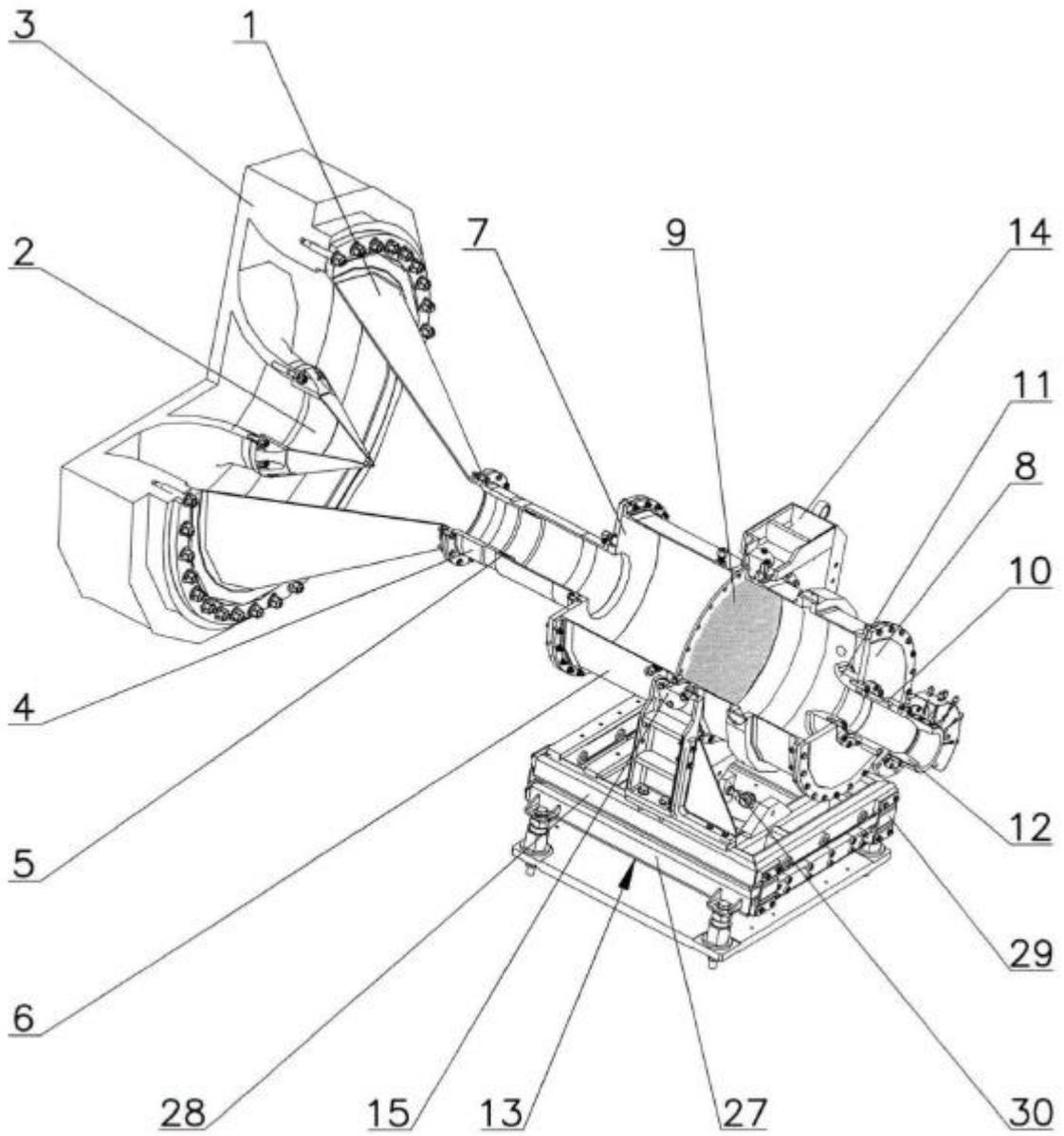
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

60 Установка для випробування сопла повітряно-реактивного двигуна, що містить вимірювальні засоби та ресивер циліндричної форми зі знімними передньою та задньою стінками, який своєю передньою знімною стінкою з'єднаний із підвідним трубопроводом і виконаний з можливістю

рознімного з'єднання з випробовуваним соплом, яка **відрізняється** тим, що підвідний трубопровід обладнаний витратним лабіринтовим ущільненням, усередині ресивера розміщена заспокійлива решітка, до внутрішнього фланця задньої знімної стінки ресивера кріпиться вхідний насадок лемніскатного профілю, а до зовнішнього її фланця - витратомірне проставлення, через фланець якого здійснюється рознімне з'єднання випробовуваного сопла, при цьому як вимірювальні засоби використовують датчики виміру статичного тиску, датчики виміру повного тиску та приймачі температури, а також силувимірювальну систему, яка являє собою дві паралельні платформи, одна з яких нерухома, а друга горизонтально рухома відносно першої, що з'єднані між собою пружними стрічками й тензорезисторним S-подібним датчиком лінійної дії.



Фіг. 1



Фіг. 2