



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 87528

(13) C2

(51) МПК (2009)
B65G 51/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СИСТЕМА КОНТЕЙНЕРНОГО ТРУБОПРОВІДНОГО ПНЕВМОТРАНСПОРТУ

1

2

(21) а200705086

(22) 08.05.2007

(24) 27.07.2009

(46) 27.07.2009, Бюл.№ 14, 2009 р.

(72) ДЗЕНЗЕРСЬКИЙ ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ,
ТАРАСОВ СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ЗЕЛЬДІНА ЄЛ-
ЛА АБРАМІВНА, БУРЯК ОЛЕКСАНДР АФАНАСІ-
ЙОВИЧ(73) ІНСТИТУТ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І ТЕХ-
НОЛОГІЙ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРА-
ЇНИ "ТРАНСМАГ"

(56) SU 198988, B65G 51/00, 23.08.1967

SU 1386786, B65G 51/18, 07.04.1988

DE 19956477, B65G 51/04, 31.05.2001

US 4023500, B61B 13/10, 17.05.1977

(57) Система контейнерного трубопровідного пневмотранспорту, що містить обладнаний повітродувним агрегатом трубопровід, усередині якого розміщений контейнер, оснащений пристроєм для зменшення ваги контейнера, що знижує тиск коліс на твірну трубопроводу і встановлений співвісно трубі з фіксованим зазором відносно стінок труби, а також опорно-ходовий вузол, який **відрізняється** тим, що трубопровід виконаний з немагнітного матеріалу, а пристрій для зменшення ваги виконано у вигляді вузла магнітного підвісу, що взаємодіє з постійними магнітами, прикріпленими у верхньому секторі контейнера, причому на верхній зовні-

шній площині трубопроводу укріплена двохшарова шляхова структура, що складається з пластин, при цьому ближня до магнітів пластина виконана з діамантного матеріалу, а друга, відділена від першої повітряним зазором, - з феромагнітного, причому величина зазору між останніми вибрана відповідно до математичного співвідношення:

$$\frac{\frac{\mu}{\mu_0} - 1}{\frac{\mu}{\mu_0} + 1} \frac{h}{(h + \delta)} \frac{(b^2 + h^2)}{(b^2 + (h + b)^2)} = \frac{v^2}{v^2 + \frac{4}{(\mu_0 \sigma T)^2}},$$

де

 μ - магнітна проникність матеріалу діамантної пластини, Гн/м; μ_0 - магнітна проникність матеріалу феромагнітної пластини, Гн/м; σ - коефіцієнт електропровідності діамантної пластини, Ом·м; h - зазор між магнітом контейнера і діамантною пластиною, м; T - товщина діамантної пластини, м; δ - розмір повітряного зазору між пластинами, м; v - швидкість руху контейнера, м/с; b - розмір магніту в напрямку руху, м.

Винахід відноситься до промислового транспорту, а саме до контейнерних трубопровідних пневмотранспортних систем, що забезпечують переміщення вантажів у контейнерах по трубопроводах під дією перепаду повітряного тиску.

З контейнерними трубопровідними пневмотранспортними (КПТ) системами, до яких відносяться пристрій, що патентується, пов'язані наступні проблеми. Пропускна здатність системи можна підвищити двома шляхами: збільшити швидкість руху контейнерів малої та середньої вантажопідйомності, або ж підвищити вантажопідйомність окремих контейнерів. Кожен прийом створює власні проблеми. Так швидкість руху має межу, обумовлену технологічними ефектами. Головний з

них - збільшення тертя в об'ємах газу що витісняється і що нагнітається. Вантажопідйомність лімітується зростанням тертя в опорно-ходовому вузлі.

Але при порівнянні цієї пари проблем з'ясовується, що аеродинамічне тертя не можна усунути технічними прийомами, у той час як фрикційне тертя можна зменшити шляхом зменшення тиску на колеса. Цього можна досягти двома способами: зменшенням ваги самого контейнера і створенням сил, що діють на контейнер зустрічно силі ваги.

Відомі контейнери для пневмотранспортної системи (книга «Контейнерний трубопровідний пневмотранспорт»/ Ф.М. Александров, В.Е. Аглицкий и др. - М.: Машиностроение, 1979. стр. 33-36.)

(13) C2

(11) 87528

(19) UA

що містять кузов, симетрично рознесені по торцевих поверхнях кузова опорно-рухові вузли, у яких на цапфах установлені підресорні колеса, що вільно обертаються навколо нерухомих осей. Вони мають шини, що привулканізовані до поверхні сталевих дисків. Сумарну вагу такого контейнера можна зменшити за рахунок полегшення самої матеріалоємної деталі - корпусу. З цією метою корпуси модернізованих контейнерів виготовляють з титана, дуралюміна і навіть із пластмаси.

До недоліків аналога можна віднести те, що в описаній системі номінальна вантажопідйомність контейнера цілком визначає тиск коліс на направляючу площину трубопроводу.

Однак збільшення маси вантажу збільшує вагу (тиск на опору) тільки в тому випадку, якщо сила ваги не зменшена якимись зустрічними силами. Але існують технічні рішення, у яких такі сили створюються за рахунок різних взаємодій. Так, відомий ряд контейнерних пристроїв, у яких компенсація ваги здійснюється за рахунок створення повітряної подушки (як, наприклад у пат. №1183198 США).

Найбільш близьким технічним рішенням, узятим як прототип, є пневмотранспортна система (А.с. СРСР №548181), у якій для зменшення ваги контейнера використовується повітряна подушка. У даній схемі вона утворюється внаслідок використання в конструкції контейнера Z-подібної манжети. Манжета заміняє звичайну кільцеву манжету. У результаті тиски перерозподіляються. Манжета створює ущільнення у верхній частині заднього торця контейнера, у середній частині контейнера вздовж зазору між стінками контейнера і трубою, а також у нижній частині переднього торця контейнера. Манжета є контурним огороженням повітряної подушки. У результаті верхній зазор сполучається з об'ємом зниженого тиску перед контейнером, а нижній - з об'ємом підвищеного тиску за контейнером. При цьому між собою зазори не сполучаються через великий гідравлічний опір манжети. Різниця тиску, що виникає при цьому на площині контейнера у горизонтальному перерізі (нормальна складова реакції) частково, або повністю компенсує силу ваги.

До недоліків прототипу варто віднести малу жорсткість силової реакції повітряної подушки до зсуву. Цей недолік призводить до обмежених можливостей корекції зазорів. Ще одним недоліком прототипу є збільшення темпу перетікання газу з активного об'єму. Незважаючи на те, що рушійна сила, відповідно до доказів авторів, не зменшується в порівнянні з кільцевою манжетою, але багаторазове збільшення довжини границі розділу рушійного і пасивного газових об'ємів, та через динамічний тип ущільнення, приводить до прогресуючого росту втрат тиску. Ступінь розвантаження контейнера в описаному пристрої залежить від довжини горизонтальної частини манжети, а при її подовженні зростають процеси перетікання повітря.

В основу запропонованого винаходу поставлена задача збільшення вантажопідйомності контейнерної групи трубопровідного контейнерного

пневмотранспорту без збільшення фрикційних втрат енергії.

Поставлена задача вирішується тим, що в системі трубопровідного контейнерного пневмотранспорту, яка включає трубопровід з повітродувним агрегатом і контейнерами, оснащеними засобами для зменшення їхньої ваги, що знижує тиск коліс на нижню утворюючу трубопроводу, відповідно до винаходу, розвантажувальний пристрій складається з джерела магнітного поля, установленного на контейнері і двох шарів шляхової структури, укріпленої на верхній зовнішній площині трубопроводу. Близький до магніту шар виконаний з діамантної матеріалу, а інший, відділений від першого повітряним зазором, - з феромагнітного. Величина зазору обрана відповідно до обґрунтованого математичного співвідношення.

Патентується контейнер для КПТ із магнітним вузлом компенсації ваги контейнера. У даній конструкційній схемі застосований комбінований принцип магнітного підвішування (левітації). Композиція магнітосполучених електротехнічних деталей складається з постійних магнітів, та з металевих пластин. У динаміці система створює електродинамічні і магнітні сили, суперпозиція яких дає стійкий підвіс контейнера, наслідком чого є зменшення втрат енергії на тертя.

Порівняльний аналіз із прототипом показує наступне. Усі види повітряних подушок у КПТ мають один серйозний недолік: повітряна подушка демпфірує з малою жорсткістю, що не дає можливості при малих зазорах коректувати випадкові відхилення контейнера від траєкторії. Крім того, створення повітряної подушки знижує енергетичний потенціал повітряного об'єму тим, що забирає помітну частину енергії як на роботу по підпорі, так і через збільшення втрат тиску.

Магнітна подушка, запропонована для компенсації ваги контейнера в КПТ, заснована також на безконтактній силовій взаємодії, але має велику жорсткість. Електричні засоби формування магнітного підвісу не залежать від засобів пневматичної системи і не порушують її роботи. Вона легко вбудовується в КПТ стандартного типу, для чого немає необхідності принципово змінювати конструкцію її вузлів.

Система, що патентується, економічніша за пневматичні системи, а можливість її реалізації стала технічно простою після заміни надпровідних (НП) пристроїв звичайними постійними магнітами. Якщо порівнювати цю систему магнітного підвісу з іншими системами левітації, то вона не містить у своєму елементному складі ідеальних діаманетиків, однак епоху сил аналогічна магнітній потенційній ямі для НП магніту. У теоретичному плані габаритні співвідношення, що патентуються отримані з використанням моделі дифузії магнітних полів через μ -міксед середовища, тобто через багатшарові композити, виконані з матеріалів з магнітною проникністю, що розрізняється. Математична модель представлена у виді системи трьох магнітопов'язаних контурів. Шляхом рішення рівняння потокозчеплення отримані залежності сил взаємодії.

Хід сил по вертикалі в ній, відлічуваний від місця рівноваги, залежить від позиційних співвідношень між шарами шляхової структури. При зсуві нагору сила відштовхування від діамантної полотна зростає швидше, аніж сила притягання до феромагнітної, що гарантує динамічну стійкість. Крім того, у даному випадку спостерігається утворення квазіпотенціальної складової, не характерної для простих магнітних композицій, у яких не використовуються ідеальні діаманетики. Якщо в системі дотримані заявлені геометричні співвідношення, то формується зона, у якій сила притягання до феромагнітної пластини при зсуві магніту вниз росте пропорційно зсуву внаслідок того, що ступінь екранування поля діамантною пластиною при цьому знімається з більшою швидкістю, ніж відбувається збиток притягання до феромагнітної.

Розмір цієї зони достатній для того, щоб виникли сили корекції повернули контейнер на рівноважну траєкторію.

Для конкретного контейнера, оснащеного колісьми в нижній частині, ці фізичні процеси будуть супроводжуватися зменшенням ваги, або повного зняття тиску коліс на опору.

Таким чином, пропускна здатність магістралі, що патентується, може бути збільшена за рахунок зростання вантажопідйомності окремих контейнерів. Магнітне розвантаження зменшує тиск на опірно-колісну систему в результаті чого втрати енергії вже не пропорційні вантажопідйомності. При повній левітації фрикційні втрати мінімізуються.

Запропонований пристрій має наступні переваги.

1. Суцільна полотнона магнітної підвіски характеризується рівномірною електродинамічною реакцією; завдяки цьому розподіл сил по площині дифузії магнітного поля стабільний. Стала топографія поля не порушує стаціонарності руху контейнера, у той час як параметри повітряної подушки залежать від коливань тиску в активному об'ємі газу, змінюються при віддаленні від компресора і т.і.

2. Магнітний підвіс має властивість самостабілізації через появу коригувальних сил при відхиленні контейнера від траєкторії. При цьому жорсткість магнітної подушки значно більше жорсткості повітряної.

По наявним в авторів зведенням запропоновані істотні ознаки, що характеризують суть винаходу, не відомі в даному розділі техніки.

Запропоноване технічне рішення може бути використане для розробки КПП із великою вантажопідйомністю контейнерної групи.

На Фіг.1 приведена схема патентуємого пристрою, на Фіг.2 - діаграма сил підвісу.

У трубопроводі 1 (Фіг.1), встановленому на опорах 2, розміщений контейнер 3, опірно-ходовий вузол якого складається з коліс 4, закріплених у донній частині контейнеру. Пристрій, що зменшує вагу контейнера 3, складається з двох частин. Одна з них у виді магнітної системи 5 закріплена у верхньому секторі контейнера. Інша складається з двох пластин - 6 і 7, встановлених уздовж усієї магістралі. Пластина 6 закріплена в прилеглому

секторі трубопроводу 1 паралельно полюсним граням магнітів і виконана з діамантного матеріалу. Пластина 7 укріплена на опорі, пов'язаний з землею, або з трубопроводом (показана умовно), встановлена паралельно пластині 6 і виконана з феромагнітного матеріалу. Між пластинами 6 і 7 мається повітряний зазор, що грає важливу роль у конструкції магістралі. Стандартний ущільнювальний вузол контейнера не показаний.

При русі контейнера на постійний магніт діють сили, діаграма яких розгорнута на моделі, приведеної на Фіг.2.

Джерело магнітного поля (постійний магніт) 1 розміщене на відстані h від двошарової полотна, що складається з діамантної 2 і феромагнітної 3 пластин. Усі три елементи паралельні один одному. Між пластинами мається повітряний зазор 5. При русі магніту 1 по вектору V , на нього діють сила ваги P , що компенсується силою притягання F_1 . Сила електродинамічного відштовхування F_2 збільшується при зближенні магніту з полотниною набагато швидше, ніж сила F_1 , тому магніт повертається в положення, де сума всіх сил дорівнює нулю. При віддаленні магніту від полотна сила F_2 зменшується, але зате збільшується сила F_1 , що прагне повернути магніт у місце мінімуму потенційної енергії.

Пристрій працює в такий спосіб..

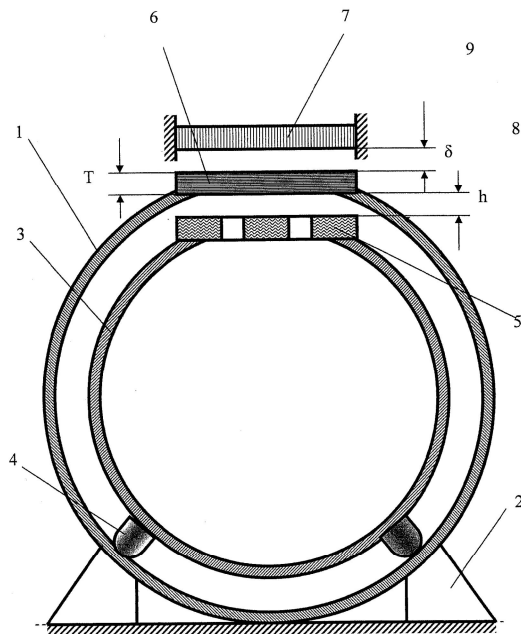
У стартовому положенні контейнер 3 (Фіг.1) спирається колісьми 4 на внутрішню поверхню труби 1. Оскільки контейнер при завантаженні не повинний бути зв'язаний з магнітною опорою, то на станційних ділянках полотна немає. При виході з цієї ділянки вага контейнера починає дорівнювати різниці сил ваги та чистої сили притягання до феромагнітної пластини (оскільки екранування магнітного поля на малих швидкостях незначне). Природно, що для виконання умови невагомості контейнера, його маса повинна дорівнювати встановленій для магістралі вантажопідйомності. Для того, щоб запобігти небезпеці повного притулення до пластини 6 унаслідок притягання до пластини 7 на малих швидкостях, що може відбутися при недовантаженні, геометрія конструкційного каркасу пристрою забезпечує деякий діапазон компенсації ваги, відлічуваного від маси максимального завантаження. І в більшості робочих ситуацій контейнери не доводяться до невагомості, а полегшуються на 50-90%. Так у магістралі утворюється ділянка попереднього розгону, яка характеризується постійно зменшуваним зазором між пластинами 6 та 7. По досягненні мінімальної крейсерської швидкості контейнер 3 рухається в стаціонарному режимі до місця розвантаження. Траєкторія мінімуму потенційної енергії (при завданні номінальної маси контейнера) залежить від величини зазору 8, тому геометричні прорахунки проводяться ще на стадії проектування магістралі, і усі найбільш важливі для динаміки транспортування перемінні після вибору конструкції стають постійними параметрами та однозначно характеризують систему. Розрахунки проводяться по співвідношеннях, приведеним далі.

Опорно-ходова система в пристрої зберігається тільки в донній частині контейнера. При по-

вній левітації вона служить страхуючим пристроєм для збереження зазору між стінками труби і контейнера при занадто сильних випадкових перекосах положення. При частковому розвантаженні вузол зберігає свої основні функції, але працює з малими фрикційними втратами.

Експериментальні дослідження показали, що товщина феромагнітної пластини не має значення і може підбиратися за критеріями економічної доцільності, у той час як товщина діамагнітної пластини не може бути менше 0,008м, оскільки це відповідає глибині дифузії магнітного потоку в матеріал при крейсерських швидкостях. Мінімальна товщина δ -шару (повітряного зазору) дорівнює 0,07м. При збільшенні параметра T діапазон стійкості розширюється. Усі ці дані збігаються до діапазону значень, обчислених при використанні наведених у формулі співвідношень.

У результаті технічної реалізації запропонованого технічного рішення може бути отриманий позитивний ефект, що складається в зменшенні і навіть повному знятті тиску на опірно-руховий вузол. Цей ефект реалізується не за рахунок енергії компресорної установки транспортної магістралі, а за рахунок магнітних сил.



Фіг. 1

Збільшення маси контейнера через розміщення на ньому магнітної групи компенсується силами магнітного підвісу в тім же ступені, що і збільшення його вантажопідйомності.

$$\frac{\frac{\mu}{\mu_0} - 1}{\frac{\mu}{\mu_0} + 1} \frac{h}{(h + \delta)} \frac{(b^2 + h^2)}{(b^2 + (h + b)^2)} = \frac{V^2}{V^2 + \frac{4}{(\mu_0 \sigma T)^2}},$$

Де

μ - магнітна проникність матеріалу діамагнітної пластини, Гн/м;

μ_0 - магнітна проникність матеріалу феромагнітної пластини, Гн/м;

σ - коефіцієнт електропровідності діамагнітної пластини, ом·м;

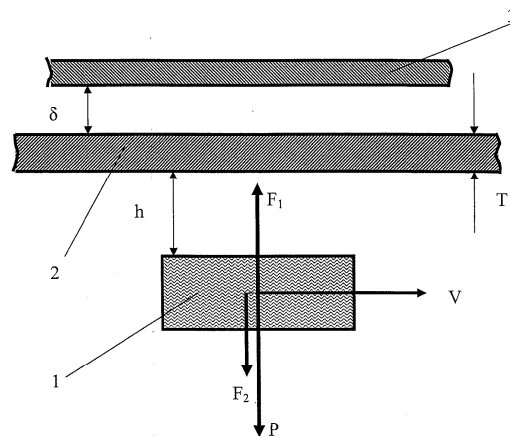
h - зазор між магнітом контейнера і діамагнітною пластиною, м;

T - товщина діамагнітної пластини, м;

δ - розмір повітряного зазору між пластинами, м;

V - швидкість руху контейнера, м/с;

b - розмір магніту в напрямку руху, м.



Фіг.2