

Корисна модель відноситься до трубопровідного арматуробудування, може бути використана в енергетичній, хімічній і інших галузях промисловості для захисту систем від підвищення в них тиску понад припустимого, зокрема в запобіжних клапанах, які встановлюються на залізничних цистернах, що транспортують зріжені вуглеводні чи аміак, з метою захисту від неприпустимого підвищення тиску й автоматичного випуску робочого середовища під час перевищення тиску відносно встановленого.

Відомий клапан запобіжний DN32, PN20 серії 902R2207-1-0, котрий випускається в Польщі фабрикою вагонів «Swidnica», а також в Україні об'єднанням «Азовважмаш» і встановлюється на залізничні цистерни. Клапан містить фланець, у якому виконаний прохідний отвір із сідлом у верхній частині, що має конічну і ножову з кутом при вершині 90° ущільнювальні поверхні. Через прохідний отвір проходить шток з чотирма направляючими ребрами і конічним золотником, який пружиною притискається до сідла. Над золотником установлені гумова прокладка і відбивна втулка, обидві у вигляді перевернених тарілок. Конічне ущільнення «метал по металу» сприймає ударні навантаження під час закриття клапана і забезпечує герметичність по 1 класу до тиску $10\text{--}12\text{ кгс/див}^2$. Ножова частина сідла, яка врізається в закритому положенні в гумову прокладку, забезпечує герметичність по 1 класу при номінальному налагоджуваному тиску 20 кгс/см^2 .

Недоліками даної конструкції є: низька експлуатаційна надійність гумової прокладки; складність настроювання попереднього обтиснення прокладки; можливість її перетиснення (пережаття), зміна товщини в процесі експлуатації; вплив на прокладку середовища, що протікає з високою швидкістю; можливість попадання прокладки в зазор (щілину) між сідлом і золотником, і наступного повного спустошення продукту цистерни.

Відомий клапан запобіжний американської фірми «Dresser», наведений у каталозі «Consolidated Safety Relief Valves SRV-1 Fall 1993 - Valve Types». У корпусі клапана є вставка (насадка) із прохідним отвором і сідлом у верхній частині, що має конічну і тороїдальну ущільнювальні поверхні. Над сідлом розташована відбивна втулка (тримач золотника). Установлена над нею пружина через відбивну втулку підтискає до сідла нижньою конічною поверхнею золотник (фіксатор кільця). У внутрішній проточці втулки установлене пружне кругле кільце, підтиснене до неї верхньою конічною, розташованою під кутом 45° , поверхню золотника з пазами на поверхні для перепуску середовища. Кругле кільце концентричне прилягає до тороїдальної ущільнювальної поверхні сідла (язичку насадки), забезпечуючи герметичне «безбульбашкове» ущільнення до 95% установленого тиску. При подачі тиску в клапан працює ущільнення «метал по металу», при досягненні тиску контрольної ризи середовище починає проникати через металеве ущільнення, по пазах проходить вище кільця, і притискає кільце до сідла доти, поки не буде досягнутим тиск відриву. При відкритому клапані тиск над (за) кільцем знижується (зменшується) через пази, котрі виконані в золотнику. Це охороняє кільце від виштовхування при зниженні тиску. Золотник і відбивна втулка охороняють кільце від впливу (витягування) високою швидкістю перетікання середовища. Як і в багатьох клапанних ущільненнях тиск відриву відбувається (рахується) по «умовному діаметру». В даному випадку відрив відбувається по діаметру $D_{\text{отр.}}$.

$$D_n > D_{\text{отр.}} > D_b,$$

де D_n - зовнішній діаметр сідла;

D_b - діаметр вищої лінії тороїдальної поверхні сідла.

Діаметр відриву залежить від температури, сили тертя, складу і властивостей середовища, що зменшує точність спрацювання клапана. Підвищені вимоги, які необхідні задовольняти під час експлуатації арматури в цистернах для охорони навколишнього середовища (діючі пости на кордонах із сусідніми державами), вимагають необхідність забезпечення герметичного «безбульбашкового» ущільнення при 100% установленого тиску.

Відомий клапан по АС. СРСР №947553 F16K17/04 від 30.07.82р., у якому запірний орган виконаний у вигляді стакана, що охоплює сідло, на внутрішній поверхні якого виконана кільцева канавка, а овальне ущільнювальне кільце, велика вісь якого розташована в радіальному напрямку, установлена в канавці з осьовим зазором (щілиною). У цій конструкції зусилля, яке впливає на клапан, визначається точно зовнішнім діаметром сідла.

До недоліків наведеної конструкції варто віднести наявність великого попереднього ходу перед спрацюванням, вплив сили тертя і вплив швидкісного струменя на ущільнювальне кільце. Усе це знижує надійність роботи і точність спрацювання клапана.

Найближчим аналогом є клапан запобіжний DN32, PN20 американської фірми «Midland», розробки 1995р., який випускається для російських залізничних цистерн. Даний клапан містить фланець, що прикріплюється до верхньої з'ємної (знімної) кришки-лазу цистерни. В фланці виконаний прохідний отвір із сідлом у верхній частині, що має конічну і тороїдальну ущільнювальні поверхні. У прохідному отворі розташований шток, що притискається до сідла пружиною, розташованою з боку підведення середовища. На штоці установлена відбивна втулка, у внутрішній проточці якої розташоване пружне кругле кільце, підтягнуте (притиснене) до проточки верхньою конічною, установленою під кутом 45° поверхнею золотника з пазами для пропуску середовища.

Робота, властивості і достоїнства вузла ущільнення аналогічні клапану фірми «Dresser». До фланця клапана зверху кріпиться проміжна труба скидання (зтравлення), у хрестовині якої виконаний направляючий отвір для штока. У проміжну трубу за допомогою нагвинчування встановлюється труба скидання. Пружина поміщена в направляючий стакан, що підтискається пружиною до фланця через шток із закріпленням на ньому хрестоподібним хвостовиком для проходу середовища й опорним направляючим кільцем, що сковзає в стакані.

Недоліками даної конструкції є недостатня точність роботи і недостатня герметичність при 100% установленого тиску (див. клапан фірми «Dresser»), а також висока вартість за рахунок відносної складності і трудомісткості одержання співвісності сідла і рознесених напрямних штока, складність обслуговування (в більшій мірі під час заміни пружного ущільнювального кільця).

Задачею заявленої конструкції корисної моделі є розробка нової конструкції клапана запобіжного, який забезпечує підвищення герметичності, надійності і точності роботи клапана, простоту обслуговування, зниження вартості виготовлення при збереженні чи зменшенні маси і внутрішніх (що знаходяться в цистерні) габаритних розмірів клапана, за рахунок удосконалення вибору зовнішнього діаметра сідла та поверхні золотника; також за рахунок технічних характеристик пружини та конструктивних елементів штоку.

Згідно з технічним рішенням заявленої корисної моделі, поставлена задача та технічний результат досягається тим, що в клапані запобіжному, що має фланець, у якому виконаний прохідний отвір із сідлом у

верхній частині, яке має конічну і тороїдальну ущільнювальні поверхні, шток з конічним золотником, який притискається до сидла пружиною, закріплену на штоці відбивну втулку, у внутрішній проточці якої розташоване пружне кругле кільце, підтиснене до втулки верхньою конічною поверхнею золотника, зовнішній діаметр сидла D_H вибирається з умови:

$$D_{cp} \geq D_H \geq D_{cp} - 0,3d_k$$

де D_{cp} - середній діаметр пружного кільця в проточці, підтисненого золотником;

d_k - діаметр перерізу кільця, при цьому верхня конічна поверхня золотника виконана під кутом $20^\circ \dots 10^\circ$.

Крім того, в покращеному варіанті заявленої конструкції корисної моделі клапана запобіжного, пружина клапана може бути виготовлена з корозійностійкої сталі з меншим модулем зсуву і більшим ніж у штока коефіцієнтом лінійного розширення, а шток виконаний з п'ятьма направляючими ребрами, розташованими в прохідному отворі фланця клапана.

Загальні з прототипом суттєві ознаки: фланець, у ньому виконаний прохідний отвір із сидлом у верхній частині, яке має конічну і тороїдальну ущільнювальні поверхні, шток з конічним золотником, який притискається до сидла пружиною, закріплена на штоці відбивна втулка, у внутрішній проточці якої розташоване пружне кругле кільце, підтиснене до втулки верхньою конічною поверхнею золотника.

Відмінні суттєві ознаки технічного рішення, що заявляється, разом із спільними з прототипом ознаками, забезпечують досягнення технічного результату, а саме: підвищення герметичності, надійності і точності роботи клапана, простоту обслуговування, зниження вартості виготовлення при збереженні чи зменшенні маси і внутрішніх (що знаходяться в цистерні) габаритних розмірів клапана.

На фіг.1 зображений загальний вигляд клапана запобіжного, на фіг.2 - те ж саме, показаний переріз А-А клапана на фіг.1, на фіг.3 - те ж саме, показаний ущільнювальний вузол Б в закритому клапані, на фіг.4 - те ж саме, показаний вузол Б при виникненні самоущільнення, на фіг.5 - те ж саме, показаний вузол Б в момент початку відкриття клапана, на фіг.6 те ж саме, показаний вузол Б в відкритому положенні.

Клапан складається з фланця 1 із прохідним отвором 2 і сидлом 3, що має конічну 4 і тороїдальну 5 ущільнювальні поверхні. У прохідному отворі 2 установлений шток 6 з направляючими ребрами 7 і конічним золотником 8. Золотник 8 притискається до конічної ущільнювальної поверхні 4 пружиною 9 через втулку 10 і сферичну шайбу 11 гайками регулювальною 12 і стопорною 13.

На штоці 6 установлена відбивна втулка 14 і закріплена за допомогою гайок 15. У внутрішній проточці відбивної втулки 14 розташоване пружне кругле кільце 16, підтиснене до неї верхньою конічною поверхнею 17 золотника 8. Фланець 1 має чотири приєднувальних отвори 18 для з'єднання з верхньою знімною кришкою лазу цистерни. На фланець 1 за допомогою нагвинчування встановлена труба 19 для захисту оточуючих клапан виробів від дії потоку середовища, що скидається (випускається). У шток 6 увінчений рим-болт 20 для перевіряння працездатності клапана. Для запобігання протіків середовища на штоку встановлене ущільнювальне кільце 21. Позицією 22 позначена зовнішня поверхня сидла 3, а 23 - порожнина над кільцем 16.

Клапан запобіжний, в окремому випадку на номінальний тиск PN20, працює в такий спосіб.

Газова фаза продукту, що перевозиться в цистерні, попадає через зазори (щілини) між витками пружини 9 у прохідний отвір 2 і впливає своїм тиском на золотник 8 клапана.

При тиску в цистерні, в окремому випадку до $12-14 \text{ кгс/див}^2$, за рахунок зусилля пружини ущільнення здійснюється по конічній поверхні 4 сидла і золотника 8. Коли тиск більший вищевказаного (фіг.4), середовище починає проникати (протікати) через ущільнення «метал по металу» до пружного круглого кільця 16 деформуючи його. Деформація кільця 16 змушує його втискатися між зовнішньою тороїдальною поверхнею 5, сидла 3 і відбивною втулкою 14 і, за рахунок виконання умови $D_{cp} \geq D_H \geq D_{cp} - 0,3d_k$, у зазорі (щілині) між зовнішньою поверхнею 22, сидла 3 і відбивною втулкою 14, відбувається самоущільнення. Наступне (подальше) підвищення тиску середовища забезпечує початок проникнення середовища в порожнину 23 над (за) кільцем 16, і частина тиску передається на кільце зверху, збільшуючи самоущільнення. При досягненні величини тиску початку відкриття (фіг.5), в окремому випадку $P_{но}=20,6 \text{ кгс/см}^2$, починається підйом золотника 8 із відбивною втулкою 14 і кільцем 16 над сидлом 3 і віджаття поверхні кільця 16 від зовнішньої тороїдальної поверхні 4 сидла 3 і в момент початку відкриття клапана від зовнішньої поверхні 22, сидла 3, по діаметру якої точно розраховується тиск початку відкриття $P_{но}$ - підвищується точність роботи клапана.

При номінальному тиску, в окремому випадку PN20, за рахунок удавнення кільця в зазор між зовнішньою поверхнею сидла і відбивною втулкою забезпечується герметичне «безбульбашкове» ущільнення, при 100% установленого тиску - підвищується герметичність і надійність роботи клапана.

При подальшому підвищенні тиску до величини тиску повного відкриття $P_{по}$ (фіг.6), в окремому випадку $P_{по}=23 \text{ кгс/см}^2$, піднімальна сила стає більшою від зусилля пружини, і відбувається повне відкриття клапана, в окремому випадку на величину Н не менш 6мм, відповідну величині прохідної площі отвору між сидлом і золотником більшої площі прохідного отвору між фланцем і штоком.

У відкритому положенні клапана (фіг.6), за рахунок виконання верхньої конічної поверхні 17, золотника 8 під кутом $20^\circ \dots 10^\circ$, об'єм середовища (порожнини 23) за кільцем незначний, і зниження тиску при зтравленні (випуску) середовища не викликає витиснення кільця 16, відпадає необхідність виконання пазів на конічній поверхні 17, знижується вартість виготовлення, швидкісний потік середовища проходить повз кільце 16 клапана, ніяким чином не впливаючи на нього. При зниженні тиску в цистерні до величини тиску закриття, в окремому випадку $P_3=19 \text{ кгс/см}^2$, піднімальна сила стає менше зусилля пружини і відбувається закриття клапана.

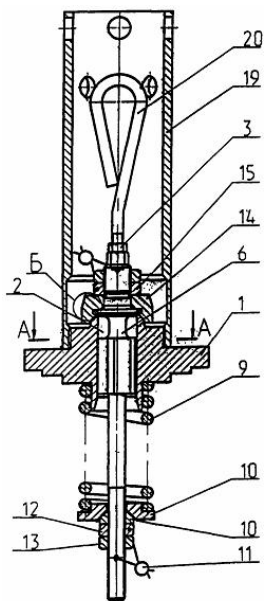
Використання пружини з корозійностійкої сталі підвищує довговічність і, відповідно, надійність роботи клапана, менший модуль зсуву матеріалу пружини дозволив, в окремому випадку, скоротити кількість робочих витків з 8 до 7 і зменшити висоту пружини, підвищивши при цьому її стійкість і, загалом, надійність роботи клапана, використавши при цьому одну направляючу поверхню прохідного отвору - направляючі ребра. Конструкція забезпечує зниження маси, габаритних розмірів клапана, трудомісткості (трудоемності) і вартості виготовлення клапана. Використання пружини і матеріалу з більшим коефіцієнтом лінійного розширення, ніж у матеріалу штока, забезпечує часткову компенсацію впливу температури на величину тиску спрацювання

клапана, підвищуючи цим самим точність настроювання клапана. Наприклад, збільшення температури на 40° за рахунок зниження модуля пружності, зменшує зусилля пружини на 1,5%. Лінійна деформація пружини відносно штока до величини стисання пружини збільшується, в окремому випадку на 1,1%, відповідно збільшуючи зусилля пружини і компенсуючи частково вплив температури, що також підвищує точність роботи клапана.

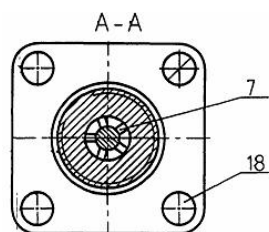
Використання п'яти направляючих ребер 7 замість чотирьох дозволило зменшити неспіввісність при посадці золотника на сідло в 1,27 рази, що збільшує надійність і точність роботи клапана. Встановлено також, що збільшення числа ребер до 6 не приводить до подальшого позитивного ефекту.

Відсутність верхньої направляючої штока робить більш простим обслуговування клапана. Для обслуговування клапана досить відгвинтити трубу 19, гайки 15, щоб зняти відбивну втулку 14 і замінити пружне кругле кільце 16.

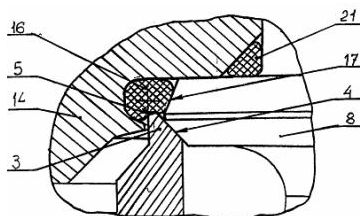
Клапан запобіжний може найти широке використання в енергетичній, хімічній і іншій галузях промисловості для захисту систем від підвищення в них тиску понад припустимий, в якості захисного пристрою від неприпустимого підвищення тиску й автоматичного випуску робочого середовища під час перевищення тиску відносно встановленого.



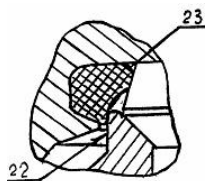
Фиг. 1



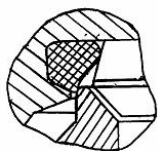
Фиг. 2



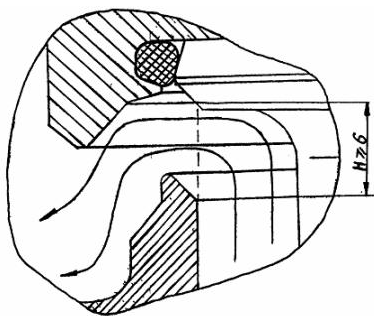
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6