



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **85073** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
**F16L 43/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2013 05747</b>	(72) Винахідник(и): <b>Греков Павло Іванович (UA), Кулик Микола Сергійович (UA), Терещенко Юрій Матвійович (UA), Мітрахович Михайло Михайлович (UA), Капітанчук Костянтин Іванович (UA), Кінащук Ігор Федорович (UA), Дорошенко Катерина Вікторівна (UA), Охмакевич Валерій Миколайович (UA), Ясиніцький Едуард Петрович (UA), Кінащук Михайло Ігорович (UA), Терещенко Юрій Юрійович (UA), Ясиніцька Ірина Едуардівна (UA), Нікітіна Галина Миколаївна (UA), Козлов Володимир Вікторович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>07.05.2013</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>11.11.2013</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.11.2013, Бюл.№ 21</b>	(73) Власник(и): <b>Греков Павло Іванович, вул. Драгоманова, 23-б, кв. 139, м. Київ-68, 02068 (UA)</b>

## (54) СПОСІБ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ В КОЛІНІ ТРУБОПРОВОДУ

### (57) Реферат:

Спосіб організації робочого процесу в коліні трубопроводу, при якому потік робочого тіла - рідини чи газу, подається на вхід у коліно трубопроводу, що зігнуто під кутом не менше 90°, з наступним проходом робочого тіла усередині корпусу коліна, починаючи від вхідної частини, що має пряму ділянку, через поворот/вигин коліна до вихідної частини, що також виконана у вигляді прямої циліндричної ділянки трубопроводу, при цьому зовнішній поворот/вигин коліна виконано з максимальним радіусом, а внутрішній поворот/вигин - з мінімальним радіусом, причому попередньо встановлюють всередині базового коліна трубопроводу внутрішню вставку, передня частина якої має пряму циліндричну ділянку з діаметром, що дорівнює діаметру прямих ділянок базового коліна, а задню частину виконано у вигляді сопла, що розширюється, частину корпусу базового коліна над вставкою виконують у вигляді кожуха за формою усіченого конуса, у якого торець з більшим діаметром заглушено кільцевою стінкою, приєднаною до корпусу коліна в районі циліндричної частини коліна, а торець з меншим діаметром приєднано до повороту корпусу коліна з плавним переходом у зазначений поворот, формують розташування сопла так, щоб в місці повороту коліна з максимальним радіусом прохідний переріз каналу, що створений задньою сопловою частиною вставки і верхньою частиною кожуха, сполученою з поворотом/вигином коліна по максимальному радіусу, був більшим, ніж прохідний переріз каналу, що створений задньою сопловою частиною вставки і нижньою частиною кожуха, сполученою з поворотом/вигином коліна по мініимальному радіусу, і здійснюють видув потоку робочого тіла як через внутрішній канал внутрішньої вставки, так і через другий канал, утворений зовнішньою поверхнею корпусу вставки та внутрішньою поверхнею кожуха, який виконано у вигляді усіченого конуса, при цьому кожух встановлюють над коліном так, щоб геометричні параметри прохідного перерізу кожуха в районі повороту/вигину коліна формували здув прикордонного шару високо напірним робочим тілом з

UA 85073 U

внутрішньої поверхні коліна, створеної максимальним радіусом зовнішнього вигину коліна, за рахунок ефекту ежекції в області розрядження.

Корисна модель належить до галузі трубопроводної техніки, зокрема до трубопроводів, по яким проходить потік робочого тіла, а саме, до способів організації робочого процесу в коліні трубопроводу, і може бути застосована у трубопроводах подачі води, паливних трубопроводах, магістральних трубопроводах, газоходах і вихлопних пристроях газотурбінних установок, де конструктивно є поворот корпусу трубопроводу.

Запобігання відриву потоку та застійних зон у колінах трубопроводів різного призначення і вихлопних пристроїв газотурбінних установок з поворотом потоку здійснюється в більшій кількості випадків за допомогою встановлення напрямних лопаток або збільшення радіуса повороту потоку, що призводить до підвищення стійкості прикордонного шару до відриву, однак даний спосіб приводить до захаращування проточної частини трубопроводу та вносить додаткові гідродинамічні або газодинамічні втрати [1]. Тому необхідно сформулювати потік так, щоб виключалися відривні зони на внутрішньому (мінімальному) радіусі й застійні зони на зовнішньому (максимальному) радіусі повороту коліна, що у свою чергу, дозволить усунути захаращення проточної частини поворотної ділянки коліна й зниженню втрат енергії потоку робочого тіла - рідини чи газу).

Відомий спосіб організації робочого процесу для запобігання відриву потоку з різних поверхонь у трубопроводах, який полягає в створенні штучної турбулізації прикордонного шару у вигині коліна, що призводить до розвитку кризи опору при менших значеннях чисел Re [2].

До недоліків відомого способу належить те, що даний спосіб ефективно запобігає відриву потоку в коліні трубопроводу тільки при відносно невеликих кутах повороту потоку робочого тіла. При кутах повороту потоку в коліні більше 40 градусів (або менше 140 градусів щодо поздовжньої осі вхідної циліндричної ділянки коліна) ефективність даного способу запобігання відриву потоку експоненційно зменшується.

Відомий спосіб організації робочого процесу в коліні трубопроводу, що полягає в створенні штучної турбулізації прикордонного шару, наприклад, за допомогою лопаток, турбулізаторів або пристроїв іншого типу, що призводить до розвитку кризи опору при менших значеннях чисел Re [3].

До недоліків відомого способу належить те, що даний спосіб ефективно запобігає відриву потоку робочого тіла (рідини чи газу) в коліні трубопроводу тільки при відносно невеликих кутах повороту потоку. При кутах повороту потоку в коліні більше 40 градусів (або менше 140 градусів щодо поздовжньої осі вхідної циліндричної ділянки коліна) ефективність даного способу запобігання відриву потоку експоненційно зменшується.

Найбільш близьким технічним рішенням, як за суттю, так і за задачею, що вирішується, яке вибрано за найближчий аналог (прототип), є спосіб організації робочого процесу в коліні трубопроводу, при якому потік робочого тіла - рідини чи газу, подається на вхід у коліно трубопроводу, що зігнуто під кутом не менше 90°, з наступним проходом робочого тіла усередині корпусу коліна, починаючи від вхідної частини, що має пряму ділянку, через поворот/вигин коліна до вихідної частини, що також виконана у вигляді прямої циліндричної ділянки трубопроводу, при цьому зовнішній поворот/вигин коліна виконано з максимальним радіусом, а внутрішній поворот/вигин - з мінімальним радіусом [4].

До недоліків відомого способу, який обрано за найближчий аналог (прототип), відноситься те, що даний спосіб ефективно запобігає відриву потоку робочого тіла в коліні трубопроводу тільки при відносно невеликих кутах повороту потоку. При кутах повороту потоку в коліні більше 40 градусів (щодо поздовжньої осі вхідної циліндричної ділянки коліна) ефективність даного способу запобігання відриву потоку експоненційно зменшується. До недоліків відомого способу, який вибрано за найближчий аналог (прототип), належить й те, що не забезпечується однорідність потоку робочого тіла (рідини або газу) в місці повороту/вигину коліна трубопровода.

В основу корисної моделі поставлено задачу шляхом введення в проточну частину коліна трубопроводу, а саме в зону перед його вигином, додаткової вставки, яка своєю задньою сопловою частиною створює в зоні повороту потоку робочого тіла (рідини чи газу) в коліні високонапірне і низьконапірне сопла, що формують зворотну течію на зовнішньому радіусі коліна, забезпечити підвищенні пропускної здатності трубопроводу за рахунок зниження гідро-, газодинамічних втрат у коліні, та однорідність потоку робочого тіла (рідини або газу) в місці повороту/вигину коліна трубопровода.

Суть корисної моделі в способі організації робочого процесу в коліні трубопроводу, при якому потік робочого тіла - рідини чи газу, подається на вхід у коліно трубопроводу, що зігнуто під кутом не менше 90°, з наступним проходом робочого тіла усередині корпусу коліна, починаючи від вхідної частини, що має пряму ділянку, через поворот/вигин коліна до вихідної частини, що також виконана у вигляді прямої циліндричної ділянки трубопроводу, при цьому

зовнішній поворот/вигин коліна виконано з максимальним радіусом, а внутрішній поворот/вигин - з мінімальним радіусом, полягає в тому, що попередньо встановлюють всередині базового коліна трубопроводу внутрішню вставку, передня частина якої має пряму циліндричну ділянку з діаметром, що дорівнює діаметру прямих ділянок базового коліна, а задню частину виконано у вигляді сопла, що розширюється, а частину корпусу базового коліна над вставкою виконують у вигляді кожуха за формою усіченого конуса, у якого торець з більшим діаметром заглушено кільцевою стінкою, приєднаною до корпусу коліна в районі циліндричної частини коліна, а торець з меншим діаметром приєднано до повороту/вигину корпусу коліна з плавним переходом у зазначений поворот, формують розташування сопла так, щоб в місці повороту/вигину коліна з максимальним радіусом прохідний переріз каналу, що створений задньою сопловою частиною вставки і верхньою частиною кожуха, сполученою з поворотом/вигином коліна по максимальному радіусу, був більшим, ніж прохідний переріз каналу, що створений задньою сопловою частиною вставки і нижньою частиною кожуха, сполученою з поворотом/вигином коліна по мініимальному радіусу, і здійснюють видув потоку робочого тіла як через внутрішній канал внутрішньої вставки, так і через другий канал, утворений зовнішньою поверхнею корпусу вставки та внутрішньою поверхнею кожуха, який виконано у вигляді усіченого конуса. Суть корисної моделі полягає і в тому, що кожух встановлюють над коліном так, щоб геометричні параметри прохідного перерізу кожуха в районі повороту/вигину коліна формували здув прикордонного шару високонапірним робочим тілом з внутрішньої поверхні коліна, створеної максимальним радіусом зовнішнього вигину коліна, за рахунок ефекту ежекції в області розрядження. Суть корисної моделі полягає також і в тому, що розташуванням вставки так, щоб її вихідна соплова частина забезпечивши різні прохідні перерізи, відповідно, в зоні повороту/вигину коліна за максимальним радіусом та у зоні повороту/вигину коліна за мінімальним радіусом, забезпечують стінками кожуха і поверхнею соплової частини вставки в зазначених зонах, відповідно, сопло високонапірного робочого тіла і сопло низьконапірного робочого тіла, а частина потоку робочого тіла, що подається в обхід вставки в зоні повороту/вигину базового коліна, видувається тангенціально до внутрішньої поверхні корпусу коліна в проточну частину кожуха за поворотом/вигином зазначеного коліна. Новим в корисній моделі є те, що для кожного типу коліна погоджують область максимального розрядження на внутрішній поверхні коліна, що відповідає мініимальному радіусу вигину, і область підвищеного тиску на зовнішньому максимальному радіусі вигину зазначеного коліна. Новим в корисній моделі є й те, що кожух встановлюють над вставкою так, щоб геометричні параметри прохідного перерізу кожуха в районі вигину сопла вставки забезпечували зворотний плин робочого тіла на вхід коліна з його зовнішнього радіуса крізь сопло високонапірного робочого тіла. Новим в корисній моделі є також й те, що вставку розміщено всередині кожуха вісесиметрично вхідної циліндричної ділянки коліна, а передній торцевий обріз зазначеної вставки розміщено із зазором щодо вхідної циліндричної ділянки коліна в районі кільцевої стінки.

Поставлена задача в способі організації робочого процесу в коліні трубопроводу (що заявляється) вирішується тим, що шляхом створення в місці повороту/вигину коліна, відповідно, у зовнішньому вигині коліна (з максимальним радіусом  $R$ ) - зони високонапірного робочого тіла, а у внутрішньому вигині коліна (з мінімальним радіусом  $r$ ) - зони низьконапірного робочого тіла, організують робочий процес із формуванням здуву прикордонного шару на внутрішньому радіусі вигину коліна й відсосу прикордонного шару на його зовнішньому радіусі. Цим запобігають захаращення проточної частини коліна за рахунок виключення відривних зон на внутрішньому радіусі вигину коліна трубопроводу й застійних зон з підвищеним тиском на зовнішньому радіусі вигину коліна.

Виходячи із зазначеного вище, за рахунок перерозподілу витрати робочого тіла на вході в коліно, шляхом подачі в щілину на внутрішньому радіусі, і повернення робочого тіла в зазор (поперечний переріз якого більше зазначеної щілини) на зовнішньому радіусі вигину коліна, виключаються відривні та застійні зони в зазначеному коліні трубопроводу.

Таким чином, спосіб організації робочого процесу в коліні трубопроводу, що заявляється, відповідає критерію корисної моделі "новизна".

Суть корисної моделі в способі організації робочого процесу в коліні трубопроводу пояснюється за допомогою креслень, де на Фіг. 1 показано схему трубопроводу, що має поворот/вигин коліна, який вибрано за прототип, на Фіг. 2 показано варіант конструктивного виконання кожуха (у двох проекціях), на Фіг. 3 показано варіант конструктивного виконання вставки (у двох проекціях), на Фіг. 4 показано схему створення сопловою частиною вставки прохідного перерізу  $S_n$  каналу та прохідного перерізу  $S_v$  каналу, які являють собою, відповідно, сопло високонапірного робочого тіла та сопло низьконапірного робочого тіла, на Фіг. 5 показано

схему з'єднання кожуха з вхідною ділянкою трубопроводу (циліндричного типу) та ділянкою повороту коліна (на виді збоку) з показом проточних каналів, на Фіг. 6 показано схему з'єднання кожуха з вхідною ділянкою трубопроводу (циліндричного типу) та ділянкою повороту коліна (на виді  $\frac{3}{4}$  збоку), на Фіг. 7 показано конструктивно-компонувальну схему зміненої за конструкцією ділянки коліна трубопроводу, на Фіг. 8 показано схему розташування передньої торцевої частини вставки відносно вхідної ділянки трубопроводу (циліндричного типу), на Фіг. 9 показано схему зміни зазору між сопловою частиною вставки і внутрішньою поверхнею ділянки повороту коліна (у поперечному перерізі А-А на вході в коліно трубопроводу), на Фіг. 10 показано схему здування потоком робочого тіла прикордонного шару (позиція "ПШ"), що прилягає до внутрішньої стінки на вході в коліно, на внутрішньому (мінімальному) радіусі  $r$ , а саме із щілини (прохідного перерізу  $S_v$ ), який являє собою сопло низьконапірного робочого тіла.

Реалізація способу організації робочого процесу в коліні трубопроводу, що заявляється, здійснюється за допомогою зміни конструкції ділянки коліна трубопроводу шляхом проведення наступних заходів:

коліно (позиція "К") трубопроводу (1), що містить вхідну ділянку (2) циліндричного типу, ділянку (3) повороту коліна й вихідну ділянку (4) циліндричного типу, розрізається в площині  $W$ , перпендикулярній поздовжній осі (5) вхідної ділянки (2) циліндричного типу перед поворотом/вигином коліна (переходом прямолінійної (2) ділянки у поворот/вигин (3) коліна) - див. схему на Фіг. 1;

підготовляють додатковий кожух (6), при цьому кожух виготовляють за формою усіченого конуса (з поздовжньою віссю - позиція "В"), у якого торець (7) з більшим діаметром  $D$  заглушено кільцевою стінкою (8) (із внутрішнім діаметром  $D_v$ , що відповідає зовнішньому діаметру  $d_m$  вхідної циліндричної ділянки (2) трубопроводу (1)), а торець (9) з меншим діаметром  $d_0$  виконаний відповідним за габаритами коліна ("К") у поперечному перерізі в місці повороту/вигину (3) коліна ("К") - лив. схему на Фіг. 2;

підготовляють додатково вставку (10) (див. схему на Фіг. 3), при цьому вставку (10) виготовляють у вигляді з'єднаних між собою двох частин (позиції 11 і 12), передня (позиція 11) з яких має пряму циліндричну ділянку з діаметром  $d_m$ , що дорівнює діаметру  $d_m$  прямих ділянок (вхідної (позиція 2) й вихідної (позиція 4) - див. схему на Фіг. 1) базового коліна ("К"), а задню частину (позиція 12) виконано у вигляді сопла, що розширюється, з поворотом (13) щодо поздовжньої осі (14) циліндричної ділянки (11) вставки (10) з нахилом торцевого зрізу (15) сопла (позиція 12) щодо зазначеної поздовжньої осі (14) вставки (10), причому вставку (10) виготовляють за довжиною  $L_v$  меншою, ніж довжина  $L_k$  кожуха (6) -  $L_v < L_k$  (щоб при з'єднанні вставки (10) і кожуха (6) торець (16) передньої частини (11) вставки (10) перебував на відстані  $f$  від торцевої кільцевої стінки (8) кожуха (6) - див. схеми на Фіг. 7-8);

розміщують вставку (10) в кожусі (6) так, щоб її поздовжня вісь (14) проходила через геометричний центр (позиція "О") торцевої кільцевої стінки (8), і закріплюють стійками (17) до внутрішньої поверхні (18) кожуха (6), при цьому довжину  $L_v$  вставки (10) вибирають такою, щоб сопло (12) вставки (10) в місці повороту/вигину (3) коліна ("К") з максимальним радіусом  $R$  створювало своєю задньою сопловою частиною (15) і верхньою частиною кожуха (6) (яка буде з'єднана з поворотом/вигином (3) коліна ("К") по максимальному радіусу  $R$ ) прохідний переріз  $S_n$  каналу (19), який був би більшим, ніж прохідний переріз  $S_v$  каналу (20), що створюється задньою сопловою частиною (13) вставки (10) і нижньою частиною кожуха (6) (яка буде з'єднана з поворотом/вигином (3) коліна ("К") по мінімальному радіусу  $r$ ), а торець (16) циліндричної ділянки (11) вставки (10) перебував на відстані  $f$  від торцевої кільцевої стінки (8) кожуха (6) (див. схему на Фіг. 4 та схеми на Фіг. 7-8);

з'єднують кожух (6) (із жорстко закріпленою в ньому вставкою (10)) із прямолінійною ділянкою (2) трубопроводу (1) та з поворотом/вигином (3) коліна ("К"), при цьому прямолінійну ділянку (2) трубопроводу (1) вводять у кільце (позиція 8) торцевої стінки кожуха (6), яка розташована на торці (7) кожуха (6) з більшим діаметром  $D$  (див. схему на Фіг. 2), й забезпечують герметичність з'єднання, а частину кожуха (6) з меншим діаметром  $d_0$  з'єднують із поворотом/вигином (3) коліна ("К") й забезпечують герметичність з'єднання (див. схеми на Фіг. 5-6).

Після зазначених вище з'єднань виходить конструкція коліна ("К") трубопроводу (1), у якому конструктивно виконане наступне (див. схеми на Фіг. 7 та на Фіг. 10):

торець (7) кожуха (6) з більшим діаметром  $D$  герметично приєднано торцевою кільцевою стінкою (8) до трубопроводу (1) коліна ("К") в районі вхідної циліндричної частини (2) коліна ("К"), а торець (9) кожуха (6) з меншим діаметром  $d_0$  герметично приєднано до повороту/вигину (3) корпусу коліна ("К") з плавним переходом у зазначений поворот/вигин (див. схеми на Фіг. 5-6-7 та на Фіг. 10);

вставку (10) розміщено в кожусі (6) так, що поздовжня вісь (14) прямолінійної циліндричної ділянки (11) вставки (10) збігається з поздовжньою віссю (5) вхідної прямолінійної ділянки (2) трубопроводу (1) - див. схеми на Фіг. 5, 7, 10);

торцева частина (16) прямолінійної циліндричної ділянки (11) вставки (10) розміщена на відстані  $f$  від торцевої кільцевої стінки (8) кожуха (6), створюючи зазор (прохідний переріз  $S_H$  каналу (19)) для проходу робочого тіла над вставкою (10) убік повороту/вигину (3) коліна ("К") - див. схеми на Фіг. 7-8 та на Фіг. 10;

соплова частина (12) вставки (10) розміщена так, що в місці повороту/вигину (3) коліна ("К") з максимальним радіусом  $R$ , прохідний переріз  $S_H$  каналу (19), що створений задньою сопловою частиною (12) вставки (10) і верхньою частиною кожуха (6), яка сполучена з поворотом/вигином (3) коліна ("К") по максимальному радіусу  $R$ , є більшим, ніж прохідний переріз  $S_B$  каналу (20), що створений задньою сопловою частиною (12) вставки (10) і нижньою частиною кожуха ("К"), яка сполучена з поворотом/вигином (3) коліна ("К") по мінімальному радіусу  $r$  (див. схеми на Фіг. 4, 7, 9-10).

Після цього подають робоче тіло (21), наприклад рідину чи газ, в канал (22) вхідної прямолінійної ділянки (2) трубопроводу (1) зі швидкістю  $V_1$  і здійснюють видув потоку робочого тіла (позиція 21) як через внутрішній канал (23) внутрішньої вставки (10), так і через другий канал, утворений зовнішньою поверхнею (24) корпусу вставки (10) та внутрішньою поверхнею (18) кожуха (6), який виконано у вигляді усіченого конуса, у вихідну прямолінійну ділянку (4) трубопроводу (1) (ділянка (4) трубопроводу (1) за поворотним коліном, а саме, за ділянкою (3) трубопроводу (1)) і далі в тракт (25) трубопроводу (1) після коліна (вихідна прямолінійна ділянка (4)) для наступного змішування основного й вторинного потоків робочого тіла (21) - див. схему на Фіг. 10.

Таким чином, за рахунок зазору  $f$  між торцевою частиною (16) прямолінійної циліндричної ділянки (11) вставки (10) й вхідної прямолінійної ділянки (2) трубопроводу (1) (див. схеми на Фіг. 8-9), потік робочого тіла (21) при вході в коліно (ділянка (3) - див. схеми на Фіг. 5-7) розділяється на два потоки, що переміщуються по двох трактах - основний потік (по каналу 23 вставки (10)) і потік в обхід зазначеної вставки (10). При цьому потік робочого тіла (21), що направляється в обхід поворотної частини (3) коліна, що прилягає до внутрішньої стінки (26) на вході в коліно з кожуха (6), має зворотний плин  $V_{зв}$  на зовнішньому (максимальному) радіусі  $R$  коліна (ділянки (3) коліна) (швидкість потоку  $V_2$ ), а саме, у районі зазору (прохідного перерізу  $S_H$  каналу (19)), який являє собою сопло високонапірного робочого тіла (21) - рідини чи газу), що створений задньою сопловою частиною (позиції 12 і 15) вставки (10) і верхньою частиною кожуха (6), яка сполучена з поворотом/вигином (3) коліна ("К") по максимальному радіусу  $R$  - див., відповідно, схеми на Фіг. 4, на Фіг. 7 та схему на Фіг. 10).

Потік робочого тіла (21), що прилягає до внутрішньої стінки (26) на вході в коліно ("К"), здуває зі швидкістю  $U_z$  прикордонний шар (позиція "ПШ") на внутрішньому (мінімальному) радіусі  $r$  (знижений тиск -  $P$ ), а саме, із щілини (прохідного перерізу  $S_B$  каналу (20)), який являє собою сопло низьконапірного робочого тіла (21), що створено задньою сопловою частиною (позиції 12 і 15) вставки (10) і нижньою частиною кожуха (6), яка сполучена з поворотом/вигином (3) коліна ("К") по мінімальному радіусу  $r$  - див., відповідно, схеми на Фіг. 4, Фіг. 7 та схему на Фіг. 10).

Завдяки цьому виключаються відривні зони на внутрішньому (мінімальному) радіусі  $r$  й застійні зони на зовнішньому (максимальному) радіусі  $R$  (підвищений тиск  $+P$ ), що у свою чергу призводить до усунення захаращення проточної частини (позиція 27) поворотної ділянки (3) коліна ("К") й зниження втрат енергії потоку робочого тіла (21) - (рідини, газу тощо) [5], [6].

Згідно з технічним рішенням, за допомогою якого здійснюється спосіб організації робочого процесу в коліні трубопроводу, який заявляється, на вході в поворотне коліно ("К") [6] співвідношення параметрів зазору  $S_H$  і щілини  $S_B$  стосовно діаметра  $d_m$  трубопроводу (1) (див. схему на Фіг. 9) має наступні значення:

зазору (канал 19) (на зовнішньому радіусі  $R$ )  $S_H / d_T = 0.01^{+0.0002}_{-0.0002}$ ,

щілини (канал 20) (на внутрішньому радіусі  $r$ )  $S_B / d_T = 0.0089^{+0.0002}_{-0.0002}$ ;

де:  $S_H$  - розмір зазору на зовнішньому (максимальному) радіусі  $R$  коліна,

$S_H / d_T = 0.01^{+0.0002}_{-0.0002}$  - розмір зазору на внутрішньому (мінімальному) радіусі  $r$  коліна,

$d_T$  - діаметр трубопроводу коліна.

З погляду спрощення конструктивного виконання з достатньою погрішністю форма зазору (позиція 19) і щілини (позиція 20) в поперечному перерізі на зрізі (15) сопла (12) основного потоку робочого тіла (21) може бути утворена у вигляді двох окружностей, зрушених одна щодо

іншої (в перерізі А-А) за умови забезпечення заданих параметрів зазору (позиція 19) і щілини (позиція 20) на зовнішньому R і внутрішньому r радіусі ділянки (3) повороту/вигину коліна ("К") - див. схему на Фіг. 9.

Втрати енергії при відношенні витрат активного й пасивного робочого тіла  $n=0.01$  при їхньому змішанні у вихідній ділянці (4) трубопроводу (1) за поворотом коліна [6] (де швидкість потоку  $V_4$ ) дорівнює  $\xi=0,0048$ . Втрати енергії в простому поворотному коліні становлять  $\xi=0,21$ . Втрати енергії на проштовхування активного робочого тіла через зазор (19) і щілину (20) між корпусом кожуха (6) і вставкою (10) становлять  $\xi=0,02$ .

Таким чином, різниця буде становити 0,0248, що відповідає зменшенню втрат на проштовхування робочого тіла крізь поворот коліна ("К") приблизно в 7 разів.

Незважаючи на деяке ускладнення конструкції поворотного коліна ("К") (див. схеми на Фіг. 7 та на Фіг. 10), втрати зменшуються практично в 7 разів, що вигідно відрізняє у кращу сторону спосіб організації робочого процесу в коліні трубопроводу, що заявляється, від прототипу. Зазначене сприяє впровадженню даного способу в колінах трубопроводів різного призначення.

Підвищення ефективності застосування способу організації робочого процесу в коліні трубопроводу, що заявляється, у порівнянні з прототипом, досягається за рахунок введення в проточну частину коліна трубопроводу, а саме в зону перед його поворотом/вигином, додаткової вставки, яка своєю задньою сопловою частиною створює в зоні повороту потоку робочого тіла (рідини чи газу) в коліні високонапірне і низьконапірне сопла, що формують зворотню течію на зовнішньому радіусі коліна, що забезпечує підвищенні пропускної здатності трубопроводу за рахунок зниження гідро-, газодинамічних втрат у коліні, та забезпечує однорідність потоку зазначеного робочого тіла (рідини чи газу).

Джерела інформації:

1. Гидридов А.Д. "Механика жидкости и газов (гидравлика)". - С.-Пб.: ЛИИ, 2002.-545с.
- 25 2. Патент Российской Федерации № 2311585 "Колено транспортного трубопровода" от 27.11.2007г., МПК 8 F16L 43/00 - аналог.
3. Авторське свідоцтво СРСР № 2118737 "Колено стального трубопровода" от 10.09.1998г., МПК 7 F16L 43/00 - аналог.
4. Авторське свідоцтво СРСР № 1562580 "Колено стального трубопровода" от 1990г., МПК 6 F16L 43/00 - прототип.
- 30 5. Алышев В.М. "Неустановившиеся напорные движения реальной жидкости в трубопроводных системах". Автореферат дисс. на соискание ученой степени доктора техн. наук, М.: 1987, 43с.
6. Апанян А.К. "Движение жидкости на повороте водовода". Ереван: Издат. Армянской ССР, 1977.-362с.
- 35

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб організації робочого процесу в коліні трубопроводу, при якому потік робочого тіла - рідини чи газу, подається на вхід у коліно трубопроводу, що зігнуто під кутом не менше  $90^\circ$ , з наступним проходом робочого тіла усередині корпуса коліна, починаючи від вхідної частини, що має пряму ділянку, через поворот/вигин коліна до вихідної частини, що також виконана у вигляді прямої циліндричної ділянки трубопроводу, при цьому зовнішній поворот/вигин коліна виконано з максимальним радіусом, а внутрішній поворот/вигин - з мінімальним радіусом, який
- 45 **відрізняється** тим, що попередньо встановлюють всередині базового коліна трубопроводу внутрішню вставку, передня частина якої має пряму циліндричну ділянку з діаметром, що дорівнює діаметру прямих ділянок базового коліна, а задню частину виконано у вигляді сопла, що розширюється, частину корпуса базового коліна над вставкою виконують у вигляді кожуха за формою усіченого конуса, у якого торець з більшим діаметром заглушено кільцевою стінкою, приєднаною до корпусу коліна в районі циліндричної частини коліна, а торець з меншим діаметром приєднано до повороту корпусу коліна з плавним переходом у зазначений поворот, формують розташування сопла так, щоб в місці повороту коліна з максимальним радіусом прохідний переріз каналу, що створений задньою сопловою частиною вставки і верхньою частиною кожуха, сполученою з поворотом/вигином коліна по максимальному радіусу, був
- 50 більшим, ніж прохідний переріз каналу, що створений задньою сопловою частиною вставки і нижньою частиною кожуха, сполученою з поворотом/вигином коліна по мініимальному радіусу, і здійснюють видув потоку робочого тіла як через внутрішній канал внутрішньої вставки, так і через другий канал, утворений зовнішньою поверхнею корпуса вставки та внутрішньою поверхнею кожуха, який виконано у вигляді усіченого конуса, при цьому кожух встановлюють над коліном так, щоб геометричні параметри прохідного перерізу кожуха в районі
- 60

повороту/вигину коліна формували здув прикордонного шару високо напірним робочим тілом з внутрішньої поверхні коліна, створеної максимальним радіусом зовнішнього вигину коліна, за рахунок ефекту ежекції в області розрядження.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що розташовують вставку так, щоб її вихідна соплова частина забезпечувала різні прохідні перерізи відповідно в зоні повороту/вигину коліна за максимальним радіусом та у зоні повороту/вигину коліна за мінімальним радіусом, забезпечують стінками кожуха і поверхнею соплової частини вставки в зазначених зонах відповідно, сопло високонапірного робочого тіла і сопло низьконапірного робочого тіла - рідини чи газу.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що частина потоку робочого тіла, що подається в обхід вставки в зоні повороту/вигину базового коліна, видувається тангенціально до внутрішньої поверхні корпусу коліна в проточну частину кожуха за поворотом/вигином зазначеного коліна.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що для кожного типу коліна проводять область максимального розрядження на внутрішній поверхні коліна, що відповідає мініимальному радіусу вигину, і область підвищеного тиску на зовнішньому максимальному радіусі вигину зазначеного коліна.

5. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що кожух встановлюють над вставкою так, щоб геометричні параметри прохідного перерізу кожуха в районі вигину сопла вставки забезпечували зворотний плин робочого тіла на вхід коліна з його зовнішнього радіуса крізь сопло високонапірного робочого тіла.

6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вставку розміщено всередині кожуха вісесиметрично вхідної циліндричної ділянки коліна, а передній торцевий обріз зазначеної вставки розміщено із зазором щодо вхідної циліндричної ділянки коліна в районі торцевої кільцевої стінки.

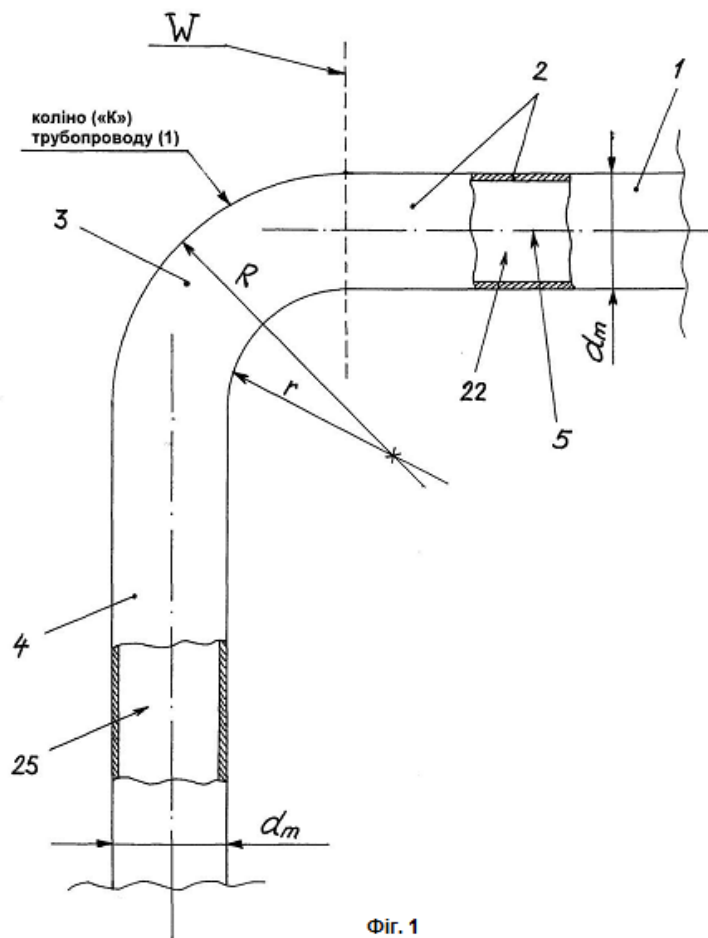
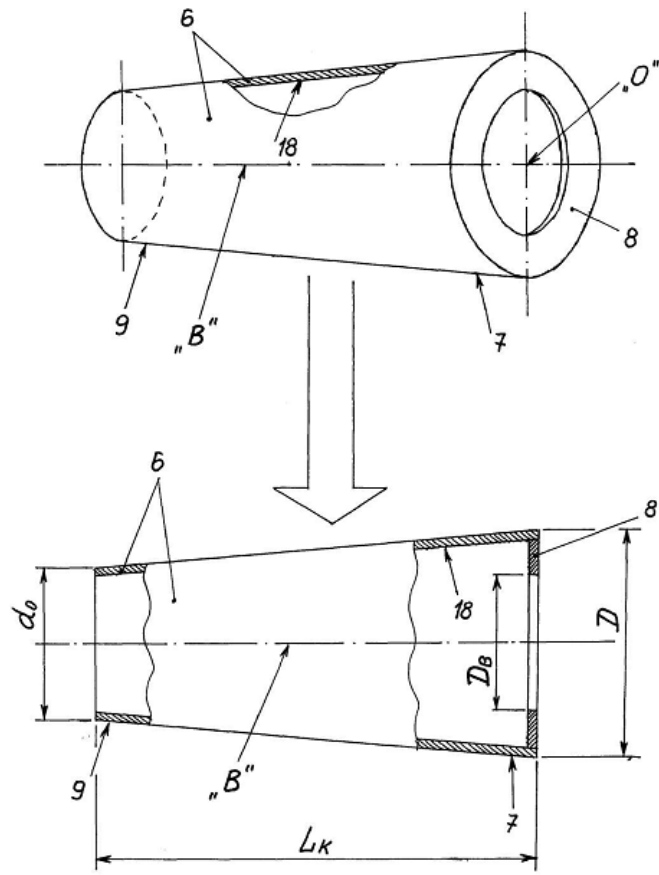
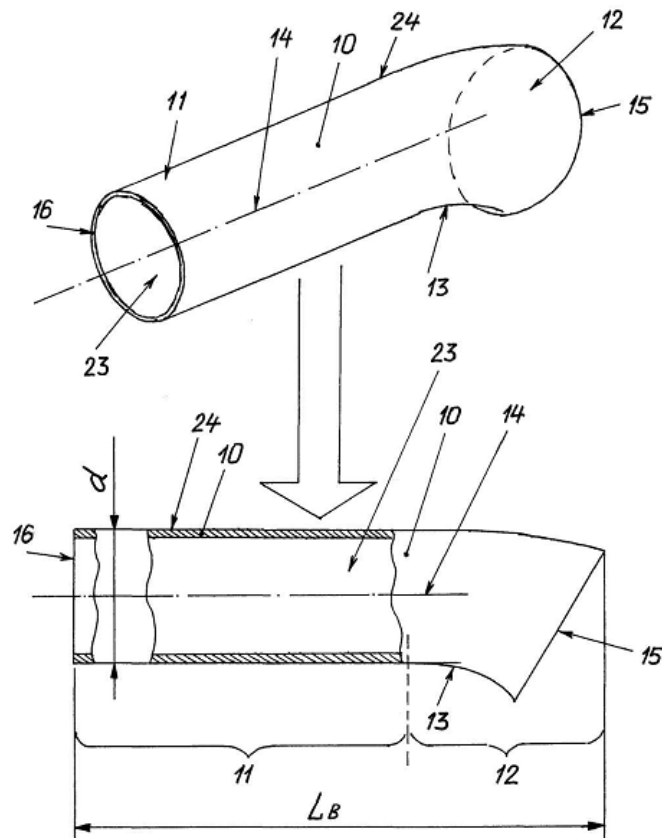


Fig. 1





Фиг. 2



Фиг. 3

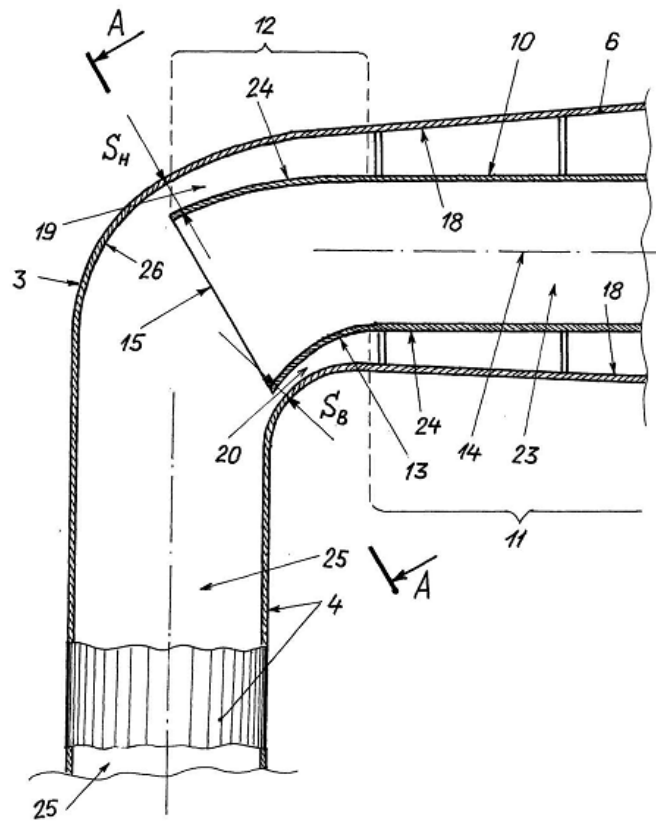


Fig. 4

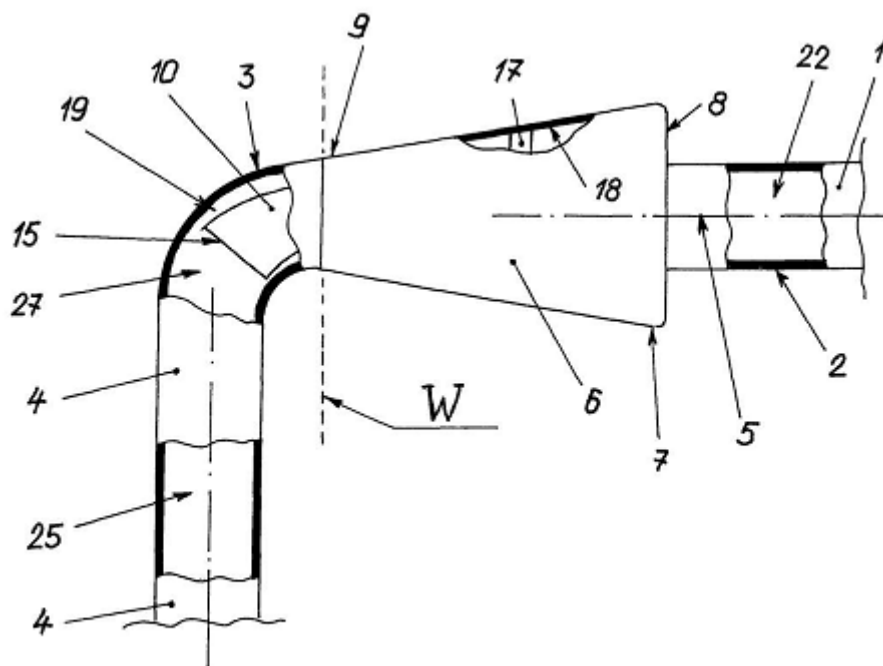
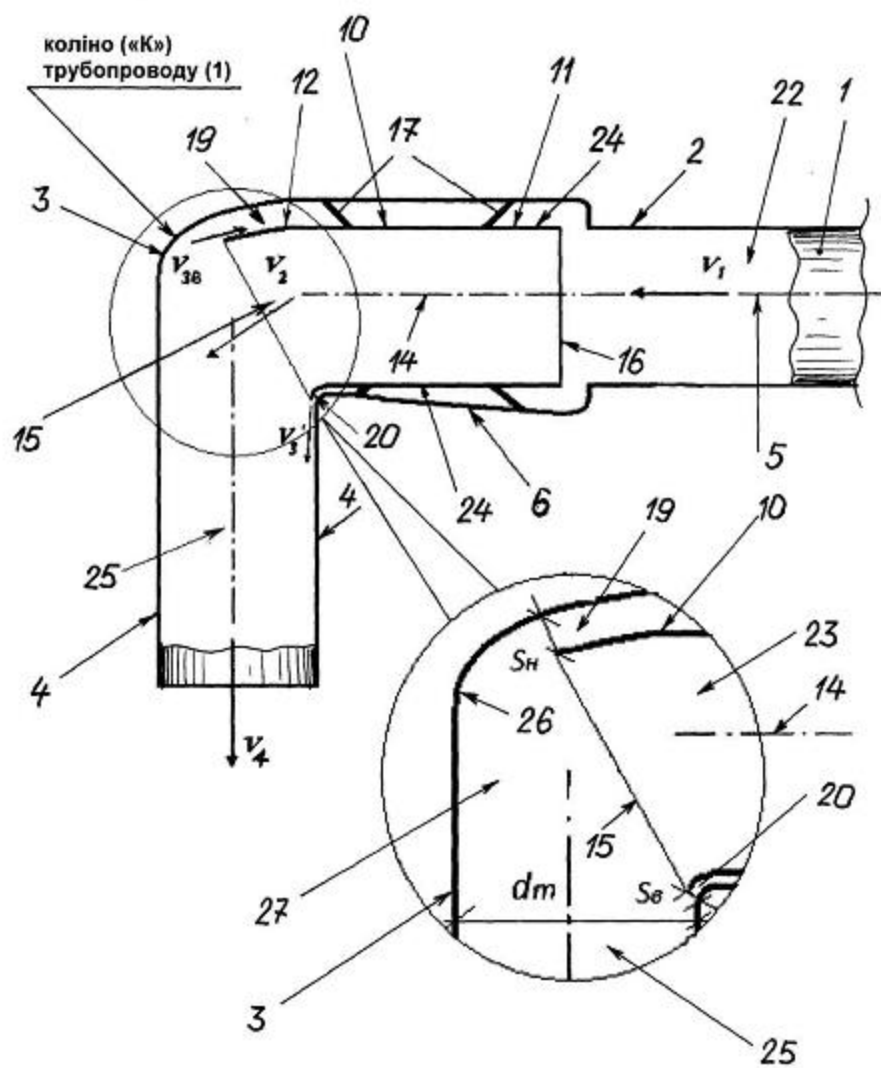
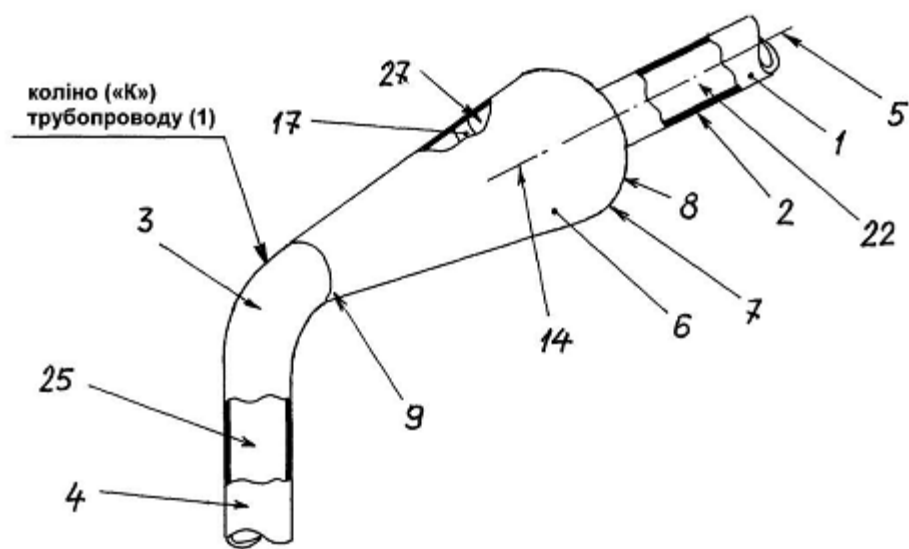


Fig. 5



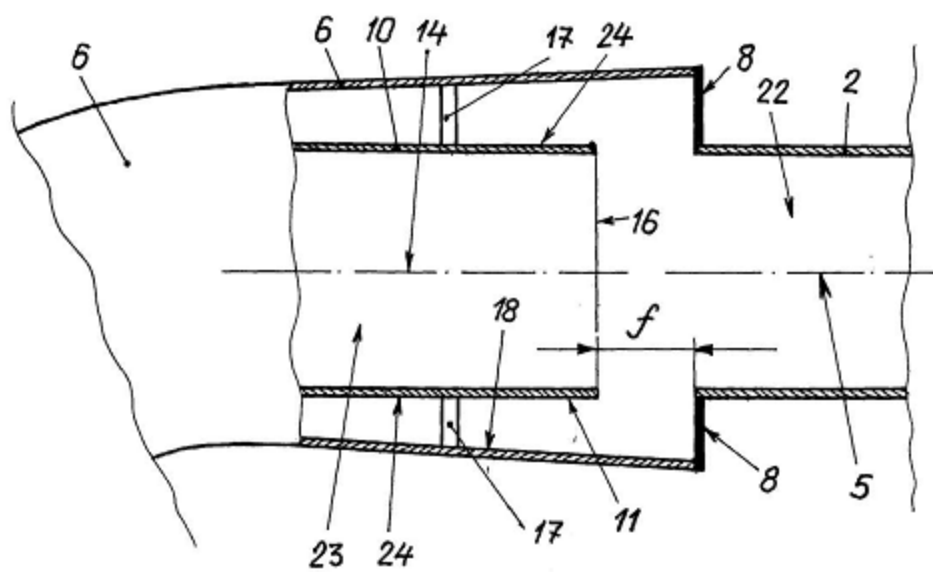


Fig. 8

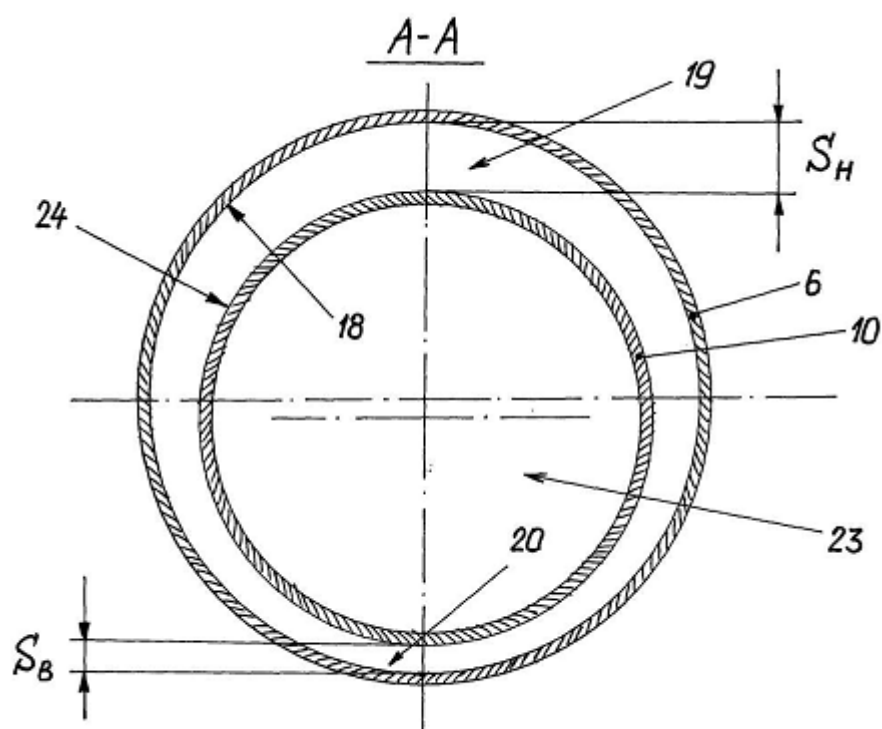
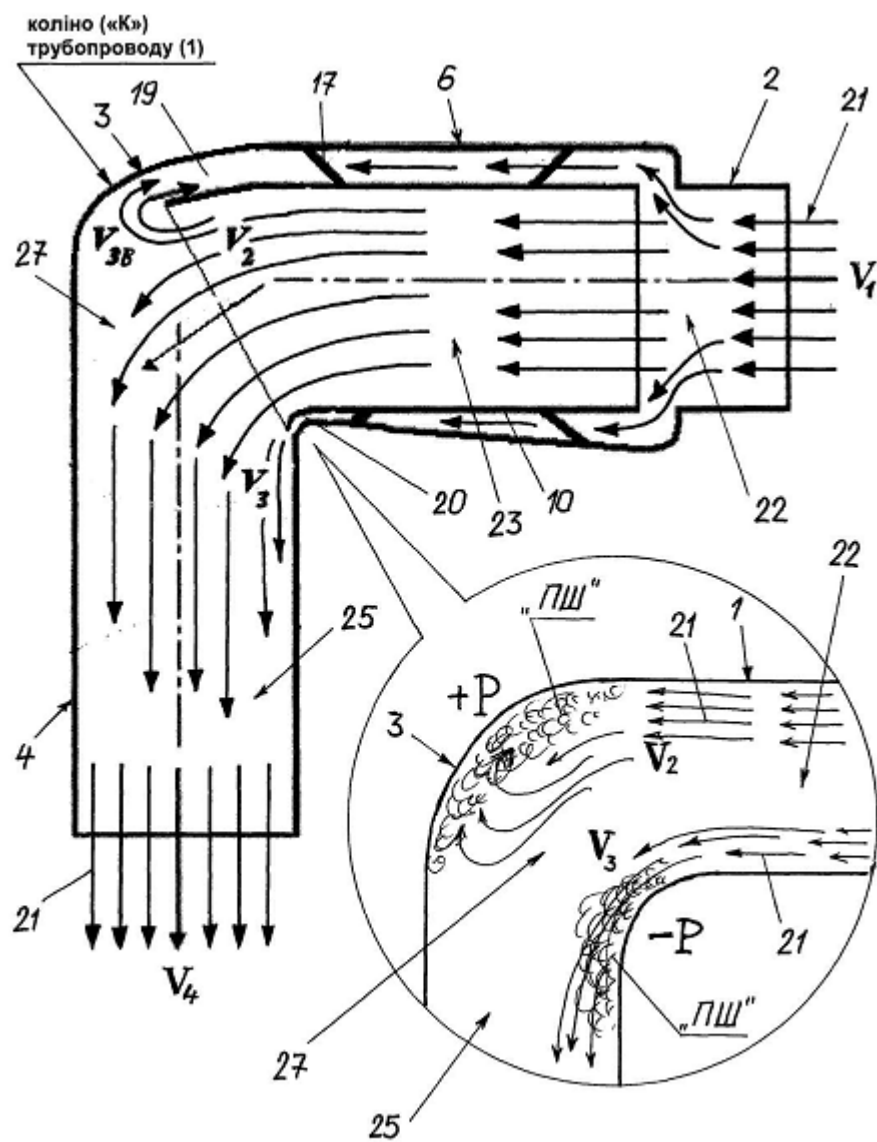


Fig. 9



Фиг. 10

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП «Український інститут промислової власності», вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601