



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 3872

(13) U

(51) 7 F02M33/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ГІДРОКАВІТАЦІЙНИЙ ЗМІШУВАЧ

1

2

(21) 20040402756

(22) 15.04.2004

(24) 15.12.2004

(46) 15.12.2004, Бюл. № 12, 2004 р.

(72) Горайнов Олександр Васильович, Романюк Олександр Дмитрович, Владимиров Віктор Митрофанович, Кісліцина Ірина Валеріївна, Комаров Володимир Олександрович

(73) Горайнов Олександр Васильович, Романюк Олександр Дмитрович, Владимиров Віктор Митрофанович, Кісліцина Ірина Валеріївна

(57) Гідрокавітаційний змішувач, що містить корпус, виконаний із з'єднаних між собою бічних стінок і дна, які утворюють внутрішню порожнину корпусу у вигляді циліндричної камери змішування, елемент закриття внутрішньої порожнини корпусу, струминний випромінювач, розташований усередині корпусу, підвідний трубопровід і відвідну трубу, розміщені зовні корпусу, при цьому внутрішня порожнина підвідного трубопроводу та відвідної труби з'єднані з внутрішньою порожниною корпусу через отвори, струминний випромінювач виконаний у вигляді стінки з перемінною товщиною у поперечному перерізі, причому вільний кінець зазначеної стінки виконаний у вигляді клина, вільний кінець струминного випромінювача з внутрішньою поверхнею бічної стінки корпусу утворює сопло, який відрізняється тим, що він додатково містить накладку, закріплені до внутрішньої поверхні стінок корпусу, дна, елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу та зовнішньої поверхні стінок струминного випромінювача, струминний випромінювач приєднаний до бічної стінки корпусу в ділянці своєї максимальної товщини, струминний випромінювач виконаний з двох частин, жорстко з'єднаних між собою, передня з котрих виконана у вигляді клина, а задня - у вигляді трапеції з криволінійними бічними стінками, бічні поверхні стінок клина і трапеції зазначеного струминного випромінювача виконані плавно сполученими між собою, передня частина струминного випромінювача виконана з матеріалу із межею міцності не меншою  $150 \text{ кг/мм}^2$ , задня частина струминного випромінювача виконана з матеріалу з твердістю, що дорівнює твердості матеріалу корпусу, накладку виконані з матеріалу з твердістю, що дорівнює твердості матеріалу клина струминного випромінювача, струминний випромінювач розташований

усередині внутрішньої порожнини корпусу з зазором між стінками своїх конструктивних елементів та внутрішньою поверхнею бічних стінок корпусу, зовнішня, по відношенню до циліндричної камери змішування, бічна поверхня стінки струминного випромінювача утворює з внутрішньою поверхнею бічних стінок корпусу вхідний канал, при цьому накладку виконані товщиною не меншою  $0,001 \text{ мм}$ , вхідний канал утворений зовнішньою поверхнею стінки струминного випромінювача, внутрішньою поверхнею бічної стінки корпусу, внутрішніми поверхнями дна та елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу, вхідний канал складається з двох з'єднаних між собою частин - прямолінійної і вигнутої за радіусом, прямолінійна частина каналу сполучена з вхідним отвором, вигнута частина каналу закінчується на зрізі сопла, початком вхідного каналу є вхідний отвір, що виконаний в бічній стінці корпусу, вхідний канал виконаний довжиною від вхідного отвору до зрізу сопла, вхідний отвір виконаний квадратного перерізу, вхідний канал виконаний постійного квадратного поперечного перерізу по усій своїй довжині, внутрішня бічна поверхня стінки вхідного каналу в ділянці вигнутої частини вхідного каналу і зовнішня стінка струминного випромінювача вигнуті по радіусах з загальним центром, внутрішня поверхня стінки струминного випромінювача виконана вигнутою по радіусу, центр якого знаходиться на подовжній осі відвідної труби, елемент закриття внутрішньої порожнини корпусу містить відвідний отвір, камера змішування виконана у вигляді двох сполучених циліндричних поверхонь різної кривизни та вхідного каналу, що розділені зовнішніми стінками струминного випромінювача, відвідна труба з'єднана з елементом закриття внутрішньої порожнини корпусу в ділянці відвідного отвору, підвідний трубопровід приєднаний до бічної стінки корпусу в площині повороту потоку рідини і співвісний з прямолінійною частиною вхідного каналу, відвідна труба розташована перпендикулярно площині повороту потоку рідини і вісесиметрично відвідного отвору елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу, висота накладки, бічних стінок камери змішування, вхідного каналу і стінок струминного випромінювача рівні між собою, зазначені накладка і стінки розміщені вертикально щодо площини повороту потоку рідини, причому висота накладки

(13) U

(11) 3872

(19) UA

та стінок постійна і визначена параметрами вхідного отвору, центри всіх циліндричних поверхонь, що утворюють порожнину камери змішування, стінок вхідного каналу і струминного випромінювача розташовані в різних точках усередині камери

змішування, а накладки мають форму в плані, що повторює бічну поверхню стінок камери змішування, дна, вхідного каналу та елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу.

Корисна модель належить до галузі теплотехніки, а саме до кавітаційних апаратів і може бути використаний у системі опалення будинків та споруд для нагрівання рідин, а також для інтенсифікації технологічних процесів отримання паливних сумішей, особливо мазуту.

Відомий генератор кавітації, який містить підвідний трубопровід, загальну камеру з основним струминним випромінювачем, виготовленим у вигляді криволінійних сопел, утворених двома стінками з вихідними крайками, розташованих по формі спіралі Архімеда, додаткового випромінювача, стінки сопел якого виготовлені з направленням спіралі протилежно спіралі основного випромінювача, та сполучену з загальною камерою відвідну трубу [1].

До недоліків відомого генератора кавітації відноситься те, що існуюча конструкція є дуже складною по виготовленню і монтажу конструктивних елементів, а наявність обтічних тіл приводить до кавітаційної ерозії робочих поверхонь випромінювачів і камер.

Відомий генератор кавітації, який містить підвідний трубопровід, загальну камеру у вигляді двох сполучених циліндричних поверхонь різної кривизни з основним струминним випромінювачем, та сполучену з загальною камерою відвідну трубу [2].

До недоліків відомого генератора кавітації відноситься те, що в конструкції використаний відносно плавний перехід рідини з вхідного каналу в загальну камеру, що обумовлює не таке різке, як бажано, зниження тиску, необхідного для зародження у рідині великій кількості кавітаційних бульбашок. До недоліків відомого генератора кавітації відноситься і те, що існує можливість згину внутрішнього випромінювача у зв'язку з його малою товщиною (і, як слідство, недостатньою жорсткістю). До основних недоліків гідрокавітаційного змішувача відноситься те, що наявність обтічних тіл приводить до кавітаційної ерозії робочих поверхонь струминного випромінювача і камери змішування.

Найбільш близькою корисною моделлю як за суттю, так і по задачах, що вирішуються, яка обрана за прототип, є гідрокавітаційний змішувач, що містить корпус, виконаний із з'єднаних між собою бічних стінок і дна, які утворюють внутрішню порожнину корпусу у вигляді циліндричної камери змішування, елемент закриття внутрішньої порожнини корпусу, струминний випромінювач, розташований усередині корпусу, підвідний трубопровід і відвідну трубу, розміщені зовні корпусу, при цьому внутрішня порожнина підвідного трубопроводу та відвідної труби з'єднані з внутрішньою порожниною корпусу через отвори, струминний

випромінювач виконаний у вигляді стінки з перемінною товщиною у поперечному перерізі, причому вільний кінець зазначеної стінки виконаний у вигляді клину, вільний кінець струминного випромінювача з внутрішньою поверхнею бічної стінки корпусу створює сопло [3].

До недоліків відомого гідрокавітаційного змішувача, який обрано за прототип, відноситься те, що існуюча конструкція є дуже складною по виготовленню і монтажу конструктивних елементів, а наявність обтічних тіл приводить до кавітаційної ерозії робочих поверхонь струминного випромінювача і камери змішування. До недоліків відомого гідрокавітаційного змішувача, який обрано за прототип, відноситься і те, що в конструкції використаний відносно плавний перехід рідини з вхідного каналу в загальну камеру, що обумовлює не таке різке, як бажано, зниження тиску, необхідного для зародження у рідині великій кількості кавітаційних бульбашок. До недоліків відомого гідрокавітаційного змішувача відноситься також і те, що існує можливість під тиском рідини згину внутрішнього струминного випромінювача у зв'язку з його малою товщиною (і, як слідство, недостатньою жорсткістю).

В основу корисної моделі покладена задача шляхом усунення недоліків прототипу забезпечити зменшення ерозійного зносу робочих поверхонь струминного випромінювача і камери змішування, більш різку зміну швидкості та тиску рідин на виході з сопла вхідного каналу, що обумовлює інтенсивне зародження кавітаційних бульбашок.

Суть корисної моделі в гідрокавітаційному змішувачі, що містить корпус, виконаний із з'єднаних між собою бічних стінок і дна, які утворюють внутрішню порожнину корпусу у вигляді циліндричної камери змішування, елемент закриття внутрішньої порожнини корпусу, струминний випромінювач, розташований усередині корпусу, підвідний трубопровід і відвідну трубу, розміщені зовні корпусу, при цьому внутрішня порожнина підвідного трубопроводу та відвідної труби з'єднані з внутрішньою порожниною корпусу через отвори, струминний випромінювач виконаний у вигляді стінки з перемінною товщиною у поперечному перерізі, причому вільний кінець зазначеної стінки виконаний у вигляді клину, вільний кінець струминного випромінювача з внутрішньою поверхнею бічної стінки корпусу створює сопло, полягає в тому, що додатково містить накладки, закріплені до внутрішньої поверхні стінок корпусу, дна, елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу та зовнішньої поверхні стінок струминного випромінювача, струминний випромінювач приєднаний до бічної стінки корпусу в районі своєї максимальної товщини, струминний випромінювач виконаний з двох

частин, жорстко з'єднаних між собою, передня з котрих виконана у вигляді клина, а задня - у вигляді трапеції з криволінійними бічними стінками, бічні поверхні стінок клину і трапеції зазначеного струминного випромінювача виконані плавно сполученими між собою, передня частина струминного випромінювача виконана з матеріалу із межею міцності не менше  $150\text{кг/мм}^2$ , задня частина струминного випромінювача виконана з матеріалу з твердістю, що дорівнює твердості матеріалу корпусу, накладки виконані з матеріалу з твердістю, що дорівнює твердості матеріалу клину струминного випромінювача, струминний випромінювач розташований усередині внутрішньої порожнини корпусу з зазором між стінками своїх конструктивних елементів та внутрішньою поверхнею бічних стінок корпусу, зовнішня, по відношенню до циліндричної камери змішування, бічна поверхня стінки струминного випромінювача створює з внутрішньою поверхнею бічних стінок корпусу вхідний канал. Суть корисної моделі полягає в тому, що накладки виконані товщиною не менше  $0,001\text{мм}$ , вхідний канал створений зовнішньою поверхнею стінки струминного випромінювача, внутрішньою поверхнею бічної стінки корпусу, внутрішніми поверхнями дна та елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу, вхідний канал складається з двох з'єднаних між собою частин - прямолінійної і вигнутої за радіусом, прямолінійна частина каналу сполучена з вхідним отвором, вигнута частина каналу закінчується на зрізі сопла, початком вхідного каналу є вхідний отвір, що виконаний в бічній стінці корпусу, вхідний канал виконаний довжиною від вхідного отвору до зрізу сопла, вхідний отвір виконаний квадратного перетину, вхідний канал виконаний постійного квадратного поперечного перерізу по усій своїй довжині, внутрішня бічна поверхня стінки вхідного каналу в районі вигнутої частини вхідного каналу і зовнішня стінка струминного випромінювача вигнуті по радіусам з загальним центром, внутрішня поверхня стінки струминного випромінювача виконана вигнутою по радіусу, центр якого знаходиться на подовжній осі відповідної труби, елемент закриття внутрішньої порожнини корпусу містить відповідний отвір, камера змішування виконана у вигляді двох сполучених циліндричних поверхонь різної кривизни та вхідного каналу, що розділені зовнішніми стінками струминного випромінювача, відповідна труба з'єднана з елементом закриття внутрішньої порожнини корпусу в районі відповідного отвору, підвідний трубопровід приєднаний до бічної стінки корпусу в площині повороту потоку рідини і співвісно з прямолінійною частиною вхідного каналу, відповідна труба розташована перпендикулярно площині повороту потоку рідини і осесиметрично відповідного отвору елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу, висота накладки, бічних стінок камери змішування, вхідного каналу і стінок струминного випромінювача рівні між собою, зазначені накладки і стінки розміщені вертикально щодо площини повороту потоку рідини. Суть корисної моделі полягає також і в тому, що висота накладки та стінок постійна і визначена параметрами вхідного отвору, центри всіх циліндричних поверхонь, що утворюють порожнину камери змішування, стінок вхід-

ного каналу і струминного випромінювача розташовані в різних точках усередині камери змішування, а накладки мають форму в плані, що повторює бічну поверхню стінок камери змішування, дна, вхідного каналу та елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу.

Порівняльний аналіз технічного рішення з прототипом показує, що гідрокавітаційний змішувач, який заявляється, відрізняється тим, що він додатково містить накладки, закріплені до внутрішньої поверхні стінок корпусу, дна, елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу та зовнішньої поверхні стінок струминного випромінювача, струминний випромінювач приєднаний до бічної стінки корпусу в районі своєї максимальної товщини, струминний випромінювач виконаний з двох частин, жорстко з'єднаних між собою, передня з котрих виконана у вигляді клина, а задня - у вигляді трапеції з криволінійними бічними стінками, бічні поверхні стінок клину і трапеції зазначеного струминного випромінювача виконані плавно сполученими між собою, передня частина струминного випромінювача виконана з матеріалу із межею міцності не менше  $150\text{кг/мм}^2$ , задня частина струминного випромінювача виконана з матеріалу з твердістю, що дорівнює твердості матеріалу корпусу, накладки виконані з матеріалу з твердістю, що дорівнює твердості матеріалу клину струминного випромінювача, струминний випромінювач розташований усередині внутрішньої порожнини корпусу з зазором між стінками своїх конструктивних елементів та внутрішньою поверхнею бічних стінок корпусу, зовнішня, по відношенню до циліндричної камери змішування, бічна поверхня стінки струминного випромінювача створює з внутрішньою поверхнею бічних стінок корпусу вхідний канал, при цьому накладки виконані товщиною не менше  $0,001\text{мм}$ , вхідний канал створений зовнішньою поверхнею стінки струминного випромінювача, внутрішньою поверхнею бічної стінки корпусу, внутрішніми поверхнями дна та елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу, вхідний канал складається з двох з'єднаних між собою частин - прямолінійної і вигнутої за радіусом, прямолінійна частина каналу сполучена з вхідним отвором, вигнута частина каналу закінчується на зрізі сопла, початком вхідного каналу є вхідний отвір, що виконаний в бічній стінці корпусу, вхідний канал виконаний довжиною від вхідного отвору до зрізу сопла, вхідний отвір виконаний квадратного перетину, вхідний канал виконаний постійного квадратного поперечного перерізу по усій своїй довжині, внутрішня бічна поверхня стінки вхідного каналу в районі вигнутої частини вхідного каналу і зовнішня стінка струминного випромінювача вигнуті по радіусам з загальним центром, внутрішня поверхня стінки струминного випромінювача виконана вигнутою по радіусу, центр якого знаходиться на подовжній осі відповідної труби, елемент закриття внутрішньої порожнини корпусу містить відповідний отвір, камера змішування виконана у вигляді двох сполучених циліндричних поверхонь різної кривизни та вхідного каналу, що розділені зовнішніми стінками струминного випромінювача, відповідна труба з'єднана з елементом закриття внутрішньої порожнини корпусу в районі відповідного отвору,

підвідний трубопровід приєднаний до бічної стінки корпусу в площині повороту потоку рідини і співвісно з прямолінійною частиною вхідного каналу, відвідна труба розташована перпендикулярно площини повороту потоку рідини і осесиметрично відвідного отвору елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу, висота накладки, бічних стінок камери змішування, вхідного каналу і стінок струминного випромінювача рівні між собою, зазначені накладка і стінки розміщені вертикально щодо площини повороту потоку рідини, причому висота накладки та стінок постійна і визначена параметрами вхідного отвору, центри всіх циліндричних поверхонь, що утворюють порожнину камери змішування, стінок вхідного каналу і струминного випромінювача розташовані в різних точках усередині камери змішування, а накладки мають форму в плані, що повторює бічну поверхню стінок камери змішування, дна, вхідного каналу та елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу.

Таким чином, гідрокавітаційний змішувач, який заявляється, відповідає критерію корисної моделі "новизна".

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де

на Фіг.1 показаний загальний вигляд гідрокавітаційного змішувача, який заявляється,

на Фіг.2 показана конструктивно-компонувальна схема гідрокавітаційного змішувача, який заявляється, з приєднаними підвідним трубопроводом та відвідною трубою,

на Фіг.3 показаний гідрокавітаційний змішувач, який заявляється, на виді збоку (з боку вхідного отвору),

на Фіг.4 показаний гідрокавітаційний змішувач, який заявляється, на виді зверху з боку елемента закриття внутрішньої порожнини корпусу (кришки) та відвідної труби,

на Фіг.5 показаний гідрокавітаційний змішувач, який заявляється, в поперечному перетині А-А,

на Фіг.6 подана схема взаємного розташування струминного випромінювача, внутрішньої стінки камери змішувача, вхідного каналу, клину та накладок,

на Фіг.7 подана схема розміщення між собою накладок та їх зовнішнього вигляду,

на Фіг.8 показана схема розміщення накладок у внутрішній порожнині камери змішування та вхідного каналу,

на Фіг.9 показаний зовнішній вигляд клину у ракурсі  $\frac{3}{4}$  збоку його вільного кінця,

на Фіг.10-14 показані схеми закріплення клину на торцевій поверхні задньої частини струминного випромінювача,

на Фіг.15 подана схема вхідного каналу з поясненням його геометрії,

на Фіг.16 подана схема конструкції передньої торцевої стінки корпусу з поясненням геометрії вхідного отвору вхідного каналу,

на Фіг.17 показана схема розміщення накладок в камері змішування та у вхідному каналі,

на Фіг.18 показана схема розміщення накладок в камері змішування та у вхідному каналі з поясненням конструктивних особливостей зазначеного вхідного каналу,

на Фіг.19 показаний корпус гідрокавітаційного

змішувача, який заявляється,

на Фіг.20 показаний елемент закриття внутрішньої порожнини корпусу з поясненням конструкції.

Гідрокавітаційний змішувач (як варіант конструктивного виконання) містить (див. Фіг.1-20) корпус 1, виконаний із з'єднаних між собою бічних стінок 2 і дна 3, які утворюють внутрішню порожнину 4 корпусу 1 у вигляді циліндричної камери змішування (див. Фіг.19), елемент 5 закриття внутрішньої порожнини 4 корпусу 1 (див. Фіг.20), струминний випромінювач 6, розташований усередині корпусу 1, підвідний трубопровід 7 (див. Фіг.1-4) і відвідну трубу 8 (див. Фіг.1-4), розміщені зовні корпусу 1. Конструктивно внутрішня порожнина 9 підвідного трубопроводу 7 та відвідної труби 8 з'єднані з внутрішньою порожниною 4 корпусу 1 через отвори. Струминний випромінювач 6 виконаний у вигляді стінки з перемінною товщиною  $d$  у поперечному перерізі (див. Фіг.2, Фіг.5-6), причому вільний кінець 10 зазначеної стінки (струминного випромінювача 6) виконаний у вигляді клину (див. Фіг.6 та Фіг.9). Конструктивно вільний кінець 10 струминного випромінювача 6 з внутрішньою поверхнею бічної стінки 2 корпусу 1 створює сопло 11 (див. Фіг.5-6 та Фіг.18). Гідрокавітаційний змішувач додатково містить накладки 12 (див. Фіг. 7-8), закріплені до внутрішньої поверхні стінок корпусу 1, дна 3, елемента 5 закриття внутрішньої порожнини корпусу 1 та зовнішньої поверхні стінок струминного випромінювача 6 (див. Фіг.2 та Фіг.18). Струминний випромінювач 6 приєднаний до бічної стінки 2 корпусу 1 в районі своєї максимальної товщини  $d_{\max}$ . Струминний випромінювач 6 конструктивно виконаний з двох частин, жорстко з'єднаних між собою, передня (позиція 13) з котрих виконана у вигляді клина, а задня (позиція 14) - у вигляді трапеції з криволінійними бічними стінками (див. Фіг.6). Бічні поверхні стінок клину (позиція 13) (вільного кінця 10 струминного випромінювача 6) і трапеції (позиція 14) зазначеного струминного випромінювача 6 виконані плавно сполученими між собою. Передня частина (клин 13) струминного випромінювача 6 виконана з матеріалу із межею міцності  $\sigma_B$  не менше  $150 \text{ кг/мм}^2$  [4]. Клин (позиція 13) може бути виконаним, наприклад, зі сталі 30ХГСН2А, яка має межу міцності  $\sigma_B = 165 \text{ кг/мм}^2$ , або зі сталі 60СГА, яка має межу міцності  $\sigma_B = 160 \text{ кг/мм}^2$ , або зі сталі 60С2ХА, яка має межу міцності  $\sigma_B = 180 \text{ кг/мм}^2$ , або зі сталі 65С2ВА, яка має межу міцності  $\sigma_B = 190 \text{ кг/мм}^2$  [4]. Задня частина (позиція 14) струминного випромінювача 6 виконана з матеріалу із межею міцності  $\sigma_B$ , що дорівнює межі міцності  $\sigma_B$  матеріалу корпусу 1. Накладки 12 виконані з матеріалу із межею міцності  $\sigma_B$ , що дорівнює межі міцності  $\sigma_B$  матеріалу клину (позиція 13) струминного випромінювача 6. Струминний випромінювач 6 конструктивно розташований усередині внутрішньої порожнини 4 корпусу 1 із зазором  $\delta$  між стінками своїх конструктивних елементів (позиції 13 та 14) та внутрішньою поверхнею бічних стінок 2 корпусу 1 (див.

Фіг.2, Фіг.5-6, Фіг.18-19). Зовнішня, по відношенню до циліндричної камери змішування (позиція 4), бічна поверхня стінки струминного випромінювача 6 створює з внутрішньою поверхнею бічних стінок 2 корпусу 1 вхідний канал 15 (див. Фіг.2, Фіг.5, 15-16, Фіг.18-19), при цьому вхідний канал 15 створюється зовнішньою поверхнею стінки струминного випромінювача 6, внутрішньою поверхнею бічної стінки 2 корпусу 1, внутрішніми поверхнями дна 3 та елемента 5 закриття внутрішньої порожнини 4 корпусу 1. Конструктивно вхідний канал 15 складається з двох з'єднаних між собою частин - прямолінійної (позиція 16) і вигнутої (позиція 17) за радіусом  $R$  (див. Фіг.5 та Фіг.18). Прямолінійна частина (позиція 16) вхідного каналу 15 сполучена з вхідним отвором 18, вигнута частина (позиція 17) вхідного каналу 15 закінчується на зрізі сопла 11 (на грані клину 13 вільного кінця 10 струминного випромінювача 6) (див. Фіг.5, Фіг.15 та Фіг.18). Початком вхідного каналу 15 є вхідний наскрізний отвір 18, що виконаний в бічній стінці 2 корпусу 1 (див. Фіг.2, Фіг.15-16, Фіг.17 і Фіг.19). Вхідний канал 15 конструктивно виконаний довжиною  $L$  від вхідного отвору 18 до зрізу сопла 11 (див. Фіг.15 та Фіг.16). Вхідний отвір 18 технологічно виконаний квадратного перерізу (див. Фіг.3 та Фіг.15) з площиною  $Q_1$  поперечного перерізу (див., відповідно, Фіг.3 та Фіг.15). Конструктивно вхідний канал 15 виконаний постійного квадратного поперечного перерізу по усій своїй довжині  $L$ , де зазначені площини  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots$  та  $Q_n$  поперечного перерізу є рівними між собою (див. Фіг.15). Внутрішня бічна поверхня стінки вхідного каналу 15 в районі вигнутої частини (позиція 17) вхідного каналу 15 і зовнішня стінка струминного випромінювача 6 вигнуті по радіусах, відповідно,  $R$  і  $R_1$  з загальним центром  $O_1$  (див. Фіг.5). Внутрішня поверхня стінки струминного випромінювача 6 виконана вигнутою по радіусу  $R_2$ , центр  $O_2$  якого знаходиться на подовжній осі відповідної труби 8 (див. Фіг.5). Елемент 5 закриття внутрішньої порожнини 4 корпусу 1 містить наскрізний відвідний отвір 19 (див. Фіг.20). Камера змішування (позиція 4) виконана у вигляді двох сполучених циліндричних поверхонь різної кривизни та вхідного каналу 15, що розділені зовнішніми стінками струминного випромінювача 6 (див. Фіг.5). Відвідна труба 8 з'єднана з елементом 5 закриття внутрішньої порожнини 4 корпусу 1 в районі відвідного отвору 19 (див. Фіг.2 та Фіг.4). Підвідний трубопровід 7 приєднаний до бічної стінки 2 корпусу 1 в площині повороту потоку рідини і співвісно з прямолінійною частиною (позиція 16) вхідного каналу 15 (див. Фіг.2, Фіг.5 та Фіг.18). Відвідна труба 8 конструктивно розташована перпендикулярно площині повороту потоку рідини і осесиметрично відвідного отвору 19 елемента 5 закриття внутрішньої порожнини 4 корпусу 1 (див. Фіг.1-2 та Фіг.3-4). Висота  $h$  накладки 12, яка закріплена на бічних стінках, зазначених бічних стінок камери змішування (позиція 4), вхідного каналу 15 і стінок струминного випромінювача 6 рівні між собою (див. Фіг.7, Фіг.16-17). Зазначені накладка 12 і стінки розміщені вертикально відносно дна 3 (щодо площини повороту потоку рідини в камері змішування - позиція 4) та накладок 12, які розміщені на дні 3 корпусу 1 і елемента 5. Причому висота  $h$  наклад-

ки 12 та стінок постійна і визначена параметрами вхідного отвору 18 (див. Фіг.2, Фіг.15 та Фіг.17). Центри всіх циліндричних поверхонь, що утворюють порожнину камери змішування (позиція 4), стінки вхідного каналу 15 і струминного випромінювача 6 розташовані в різних точках усередині камери змішування (позиція 4) (див. Фіг.5), а накладки 12 мають форму в плані, що повторюють бічну поверхню стінок та дна 3 камери змішування (позиція 4), вхідного каналу 15 і елемента 5 закриття внутрішньої порожнини 4 (камери змішування) корпусу 1 (див. Фіг.7). Накладки 12 виконані товщиною не менше 0,001мм.

Гідрокавітаційний змішувач працює наступним чином.

Попередньо виготовляють конструктивні елементи гідрокавітаційного змішувача, а саме, корпус 1, який містить бічні стінки 2 і дно 3, елемент 5 закриття внутрішньої порожнини 4 (камери змішування) корпусу 1, який виконує функції кришки для зазначеного корпусу 1, підвідний трубопровід 7 і відвідну трубу 8. Також виготовляють накладки 12 і передню частину (позиція 13) струминного випромінювача 6 - клин. При цьому накладки 12 виготовляють товщиною не менше 0,001мм. Накладки 12 і передню частину (позиція 13) струминного випромінювача 6 виготовляють з матеріалу із межею міцності  $\sigma_B$  не менше 150кг/мм<sup>2</sup>. Корпус 1 гідрокавітаційного змішувача, струминний випромінювач 6 і елемент 5 закриття внутрішньої порожнини 4 (камери змішування) корпусу 1 виготовляють з іншого матеріалу, який має межу міцності  $\sigma_B$  менше, ніж зазначені накладки 12 і клин 13. Конструктивно і технологічно зазначені корпус 1 гідрокавітаційного змішувача, струминний випромінювач 6 і елемент 5 закриття внутрішньої порожнини 4 (камери змішування) корпусу 1 можуть бути виготовлені, наприклад, зі сталі з межею міцності  $\sigma_B < 100\text{кг/мм}^2$ , або з алюмінію із межею міцності  $\sigma_B = 15...35\text{кг/мм}^2$ , або з чавуну із межею міцності  $\sigma_B = 15...50\text{кг/мм}^2$ , або з іншого матеріалу [5].

Конструктивно і технологічно внутрішню порожнину 4 (камеру змішування) корпусу 1 виконують складної геометричної форми, а саме, у вигляді двох сполучених циліндричних поверхонь різної кривизни з радіусами, відповідно,  $R$  і  $R_1$  (із загальним центром  $O_1$ ) та  $R_2$  (з центром  $O_2$ , який знаходиться на подовжній осі відповідної труби 8), і поверхонь вхідного каналу 15, що розділені бічними поверхнями стінок конструктивних елементів 13 і 14 струминного випромінювача 6 (див. Фіг.5).

Конструктивно і технологічно корпус 1 виготовляють з приєднаним (в районі камери змішування 4) до бічної стінки 2 струминним випромінювачем 6, а саме, з його задньою частиною (позиція 14). Конструктивно струминний випромінювач 6 виконують у вигляді вигнутої стінки з перемінною товщиною  $d$  у поперечному перерізі (див. Фіг.5-6 та Фіг.18). Струминний випромінювач 6 є приєднаним до бічної стінки 2 усередині камери змішування 4 корпусу 1 в районі своєї максимальної товщини  $d_{\max}$  (див. Фіг.5 та Фіг.18). Задню (позиція 14) частину струминного випромінювача 6 виконують у

вигляді трапеції з криволінійними бічними стінками, при цьому зазначена задня частина (позиція 14) струминного випромінювача 6 є невід'ємною частиною бічної стінки 2 корпусу 1. Струминний випромінювач 2 виконують формою, що являє собою циліндричні поверхні (з радіусами  $R_1$  і  $R_2$ ), що сходяться в гостру грань 20 вільного кінця 10 зазначеного струминного випромінювача 6 - клина 13 (після виконання технологічних операцій по приєднанню клина 13 до задньої частини (позиція 14) струминного випромінювача 6 (див. Фіг.2, Фіг.5 та Фіг.18). Задню частину (позиція 14) струминного випромінювача 6 виконують з матеріалу із межею міцності  $\sigma_B$ , що дорівнює межі міцності  $\sigma_B$  матеріалу корпусу 1, а саме, з однорідного з ним матеріалу.

Після виготовлення корпусу 1 у ньому на бічній стінці 2 виконують вхідний отвір 18. При цьому вхідний отвір 18 виконують квадратного поперечного перерізу (як варіант конструктивного виконання) (див. Фіг.2 та Фіг.15-17).

Після виготовлення елемента 5 закриття внутрішньої порожнини 4 (камери змішування) корпусу 1 (кришки), у ньому виконують наскрізний відвідний отвір 19, при цьому згаданий відвідний отвір 19 виконують круглого поперечного перерізу (див. Фіг.4 та Фіг.20).

Підвідний трубопровід 7 і відвідну трубу 8 виконують у вигляді тонкостінного циліндра (див. Фіг.1-4), з внутрішніми порожнинами 9.

Після виготовлення вищезазначених конструктивних частин гідрокавітаційного змішувача виконують технологічні операції щодо жорсткого закріплення, відповідно, клину 13 до задньої частини (позиція 14) струминного випромінювача 6, а накладок 12 - до бічних поверхонь камери змішування (позиція 4), дна 3, вхідного каналу 15 (див. Фіг.2, Фіг.5 та Фіг.18) та елемента 5 закриття внутрішньої порожнини 4 (камери змішування) корпусу 1 (кришки). Конструктивно накладки 12, закріплюють до внутрішньої поверхні стінок 2 корпусу 1, зовнішньої поверхні стінок струминного випромінювача 6, дна 3 та елемента 5 закриття внутрішньої порожнини 4 (камери змішування) корпусу 1 (кришки) (див. Фіг.7-8). Бічні поверхні стінок клину (позиція 13) і трапеції (позиція 14) зазначеного струминного випромінювача 6 виконують плавно сполученими між собою для безкавітаційного обтікання (див. Фіг.5-6 та Фіг.10-14).

Отриманий у результаті виготовлення корпусу 1 та струминного випромінювача 6 вхідний канал 15 складається з двох з'єднаних між собою частин - прямолінійної (позиція 16) і вигнутої по радіусу (позиція 17) (див. Фіг.15 та Фіг.18). Конструктивно і технологічно прямолінійна частина (позиція 16) каналу 15 виконана як подовження вхідного отвору 18 (див. Фіг.15 та Фіг.18) з його геометричними параметрами ( $h \times h$ ). Вигнута частина (позиція 17) каналу 15 закінчується на грані (позиція 20) клина 13 - з'єднаних під гострим кутом бічних поверхонь стінок передньої частини (позиція 13) струминного випромінювача 6 - його вільного кінця 10 (див. Фіг.2, Фіг.18-19). Конструктивно вхідний канал 15 виконують постійного квадратного поперечного перерізу по усій своїй довжині  $L$ , де зазначені

площини  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ , ... та  $Q_n$  поперечного перерізу будуть рівними між собою (див. Фіг.15).

Конструктивно вільний кінець 20 клина 13 струминного випромінювача 6 (його вільного кінця 10) з внутрішньою поверхнею бічної стінки 2 корпусу 1 створює сопло 11, яким закінчується вхідний канал 15 (див. Фіг.2, Фіг.6 та Фіг.18).

Форма камери змішування (позиція 4) гідрокавітаційного змішувача у вигляді двох сполучених циліндричних поверхонь різної кривизни і квадратна форма вхідного отвору 18 і вхідного каналу 15, продовженого аж до осі симетрії зовнішнього контуру гідрокавітаційного змішувача, приводить на зрізі сопла 11 до більш різкої зміни напрямку руху рідини та зниження тиску рідини до величини тиску насичених парів, що обумовлює виникнення кавітаційних явищ, які інтенсифікують процеси маообміну.

Зміна довжини вхідного каналу (позиція 15) збільшує товщину внутрішнього струминного випромінювача 6, що призведе до підвищення терміну роботи гідрокавітаційного змішувача (див. Фіг.18-19).

У виготовленому корпусі 1 гідрокавітаційного змішувача висота  $h$  бічних стінок (позиція 2) корпусу 1, бічних стінок вхідного каналу 15 і стінок струминного випромінювача 6 виконана однаковою, а зазначені стінки розміщені вертикально щодо площини повороту потоку рідини. Висота  $h$  стінок корпусу 1 гідрокавітаційного змішувача визначається параметрами вхідного отвору 18. Центри (точки  $O_1$  і  $O_2$ ) усіх циліндричних поверхонь, що утворюють внутрішню порожнину 4 камери змішування (позиція 4) корпусу 1, стінок вхідного каналу 15 і струминного випромінювача 6 розташовані в різних точках усередині камери змішування (позиція 4) згаданого гідрокавітаційного змішувача (див. Фіг.5).

Після виготовлення корпусу 1 гідрокавітаційного змішувача та розміщення усередині внутрішньої порожнини 4 струминного випромінювача 6, клину 13 та накладок 12, зазначена внутрішня порожнина 4 (камера змішування) корпусу 1 щільно закривається елементом 5 закриття внутрішньої порожнини 4 (камери змішування) корпусу 1 (з закріпленою на зазначеному елементі 5 накладкою 12), який виконує функції кришки для зазначеного корпусу 1 (див. Фіг.1-4).

Зібраний з вищевказаних конструктивних елементів гідрокавітаційний змішувач встановлюється в технологічну лінію, до якої він приєднується за допомогою підвідного трубопроводу 7 і відвідної труби 8 (які попередньо приєднані, відповідно, до вхідного отвору 18 і відвідному отвору 19, що виконаний в елементі 5 закриття внутрішньої порожнини 4 корпусу 1).

В процесі роботи гідрокавітаційного змішувача рідини (під тиском) по внутрішній порожнині 9 підвідного трубопроводу 7 поступають у внутрішню порожнину 4 загальної камери змішування 4 корпусу 1, а саме, через вхідний отвір 18 квадратного поперечного перерізу (площина  $Q_1$ ) у вхідний канал 15, а саме, у ту частину (позиція 16) вхідного каналу 15, яка виконана прямолінійною (див. Фіг.5, Фіг.15 та Фіг.18). Далі з зазначеної прямолінійної частини (позиція 16) вхідного каналу 15 рідини

потрапляють до тієї частини (позиція 17) вхідного каналу 15, що є вигнутою по радіусу (позиція R і R<sub>1</sub>) (див. Фіг.5, Фіг.15 та Фіг.18). На виході з каналу 15 (в районі вільного кінця 20 клина 13 струминного випромінювача 6) рідини потрапляють на зріз сопла 11 (вільний кінець 10 струминного випромінювача 6), а з нього - в різко розширену порожнину 4 (камеру змішування) корпусу 1, де рідини закручуються. Форма і геометрія порожнини вхідного каналу 15 та камери змішування (позиція 4) забезпечує різку зміну напрямлення руху рідин та зниження тиску рідин до величини тиску насичених парів, що обумовлює формування каверн, які замикаються безпосередньо в потоці далеко від робочих поверхонь камери змішування (позиція 4) корпусу 1 гідрокавітаційного змішувача. Нестационарна хвостова частина каверни генерує поле кавітаційних мікробульбашок, які, при замиканні, інтенсифікують процеси масообміну та хімічні перетворення. Наявність накладок 12 та клину 13, що виконані з матеріалу із межею міцності  $\sigma_B$  не менше 150кг/мм<sup>2</sup>, забезпечить захист внутрішніх поверхонь стінок корпусу 1 (камери змішування 4), дна 3, елемента 5 та вхідного каналу 15 від "вимивання" металу з зазначених поверхонь і зміни розрахованих габаритів внутрішньої порожнини корпусу 1 зазначеного гідрокавітаційного змішувача.

Вищезазначене призведе до подовження терміну роботи гідрокавітаційного змішувача.

У процесі роботи гідрокавітаційного змішувача створена кавітаційна суміш кавітаційних мікробульбашок, які відводиться з камери змішування 4 через відповідний отвір 19 (який виконано в елементі 5) і далі по внутрішній порожнині 9 відповідної труби 8 в технологічну лінію до споживачів.

Дослідами було встановлено, що запропонований гідрокавітаційний змішувач, який заявляється, дозволяє отримати до 40% обводнювань мазуту при вхідній температурі +45°C і тиску 5,0 атмосфер, а також розігріти, наприклад, воду за 45 хвилин від +10°C до +90°C, промислову олію за 30 хвилин від +10°C до +130°C у малому колі системи опалення, при низьких енерговитратах.

Таким чином, застосування запропонованого

гідрокавітаційного змішувача дозволяє підвищити надійність роботи, знизити енерговитрати на процес змішування чи розігріву рідин.

Підвищення ефективності застосування гідрокавітаційного змішувача, який заявляється, у порівнянні з прототипом, досягається в основному за рахунок того, що шляхом встановлення накладок і клину з матеріалу із межею міцності не менше 150кг/мм<sup>2</sup>, забезпечити зменшення ерозійного зносу робочих поверхонь струминного випромінювача і камери змішування. Підвищення ефективності застосування гідрокавітаційного змішувача, який заявляється, у порівнянні з прототипом, досягається за рахунок того, що здійснюється більш різка зміна напрямку руху рідини та зниження тиску рідини до величини тиску насичених парів, що, у свою чергу, обумовлює виникнення кавітаційних явищ, які інтенсифікують процеси масообміну. Підвищення ефективності застосування гідрокавітаційного змішувача, який заявляється, у порівнянні з прототипом, досягається і за рахунок того, що збільшення довжини вхідного каналу збільшує, у свою чергу, товщину внутрішнього струминного випромінювача, що подовжує термін роботи гідрокавітаційного змішувача.

Джерела інформації:

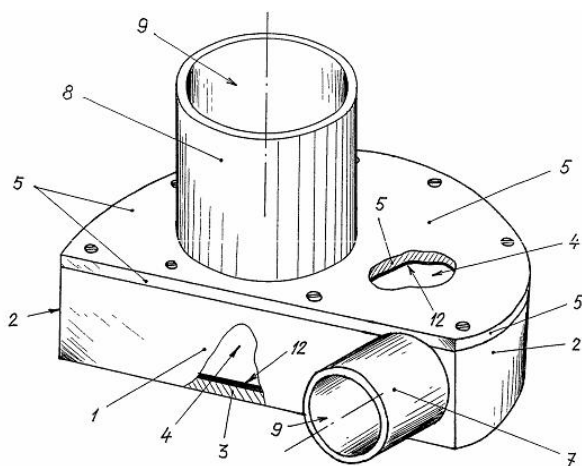
1. Авторське свідоцтво СРСР №316482 "Генератор кавитации", кл. B06B1/20, 1969 - аналог.

2. Патент України на винахід №64225А від 16.02.2004 року "Генератор кавітації", МПК 7 F02M33/00 - аналог.

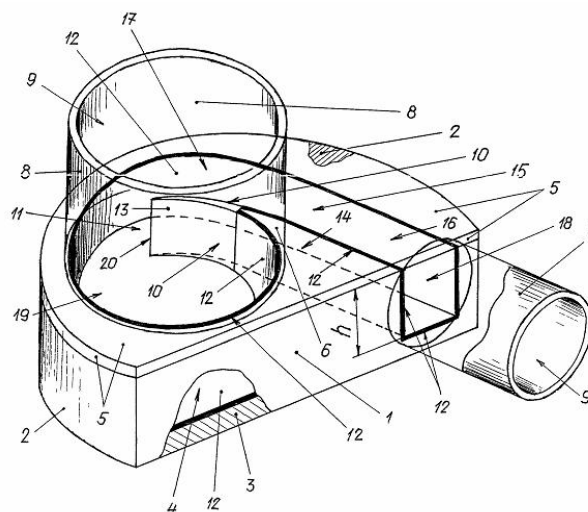
3. Авторське свідоцтво СРСР №1233578, МПК 7 F02M33/00, - прототип.

4. Общетеchnический справочник. Под редакцией канд. техн. наук Е.А. Скороходова. Издание 2-е, переработанное и дополненное. М., Машиностроение, 1982, стор.82-89, табл. №19 та №20.

5. Общетеchnический справочник. Под редакцией канд. техн. наук Е.А. Скороходова. Издание 2-е, переработанное и дополненное. М., Машиностроение, 1982, Глава II. Материалы в машиностроении. Металлы и сплавы. Общие сведения., стор.71-114.



Фиг. 1



Фиг. 2

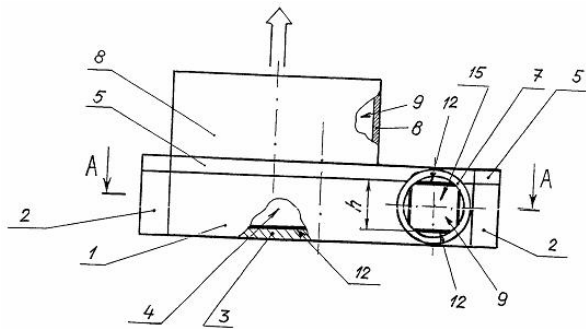


Fig. 3

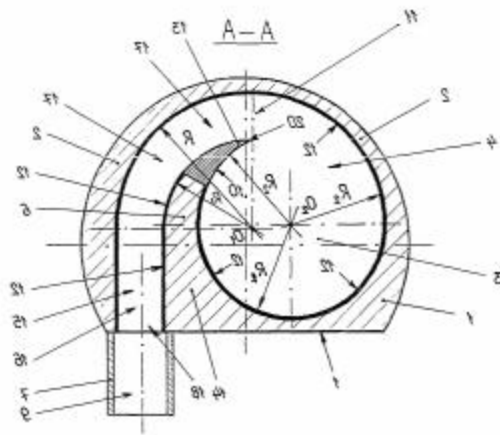


Fig. 4

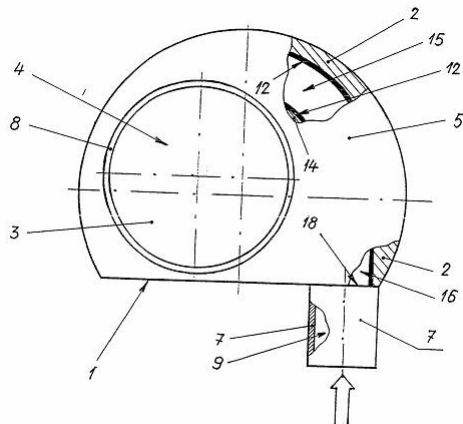


Fig. 5

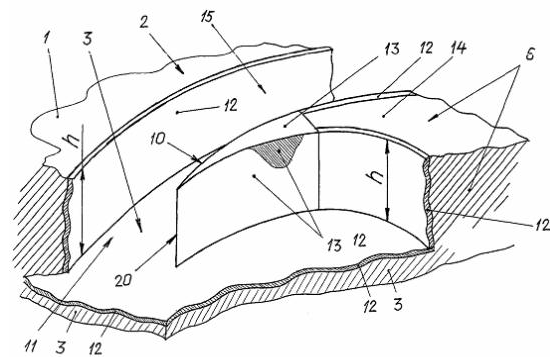


Fig. 6

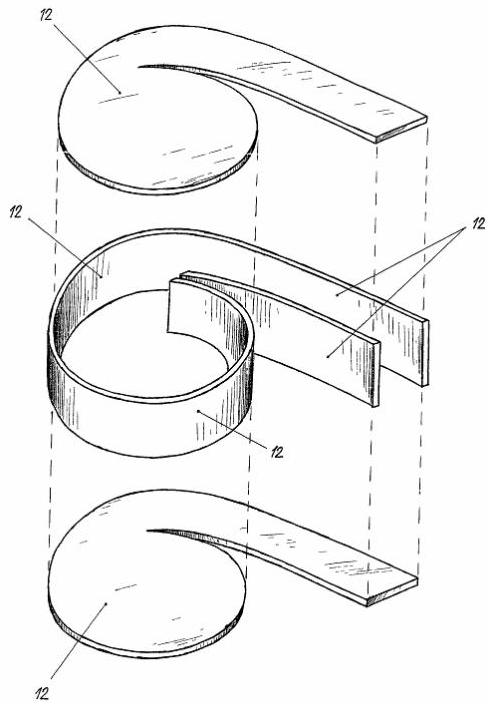


Fig. 7

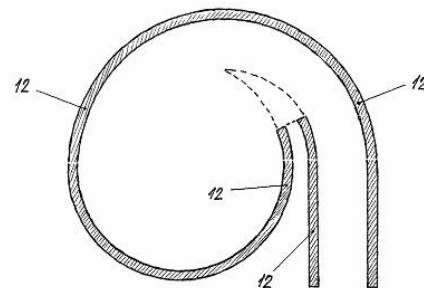


Fig. 8

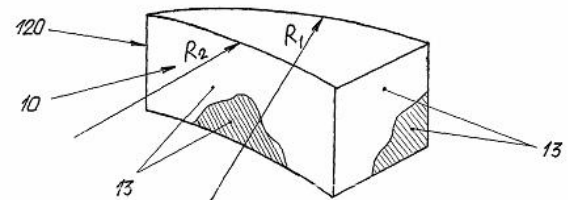


Fig. 9



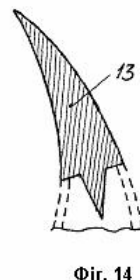
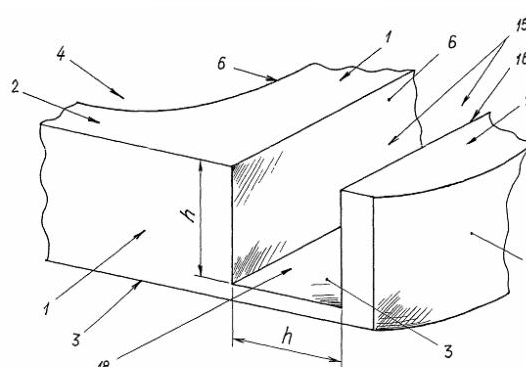
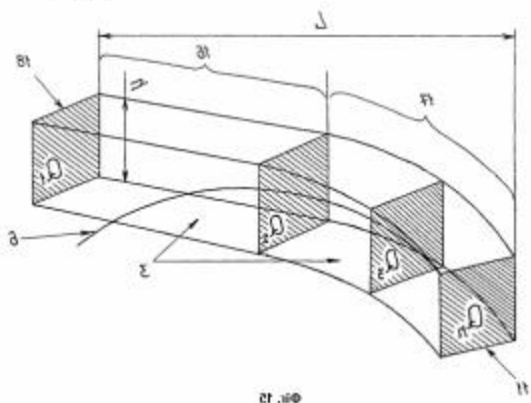


Fig. 14



**Φir. 16**

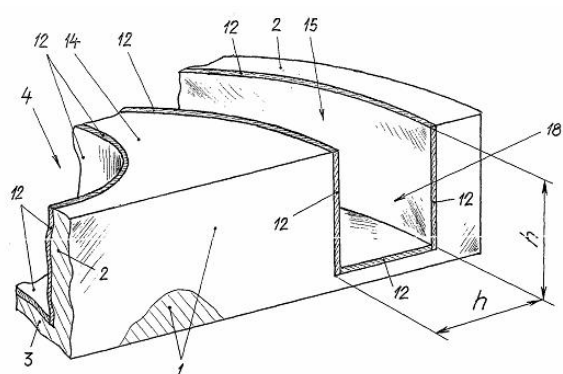


Fig. 17

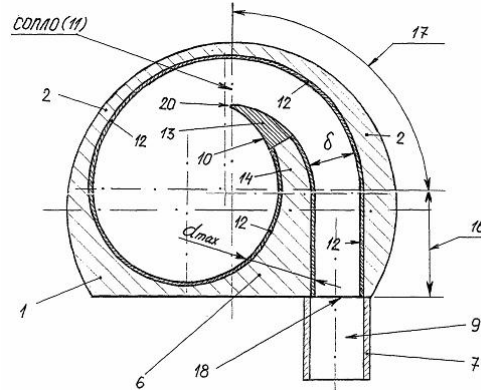


Fig. 18

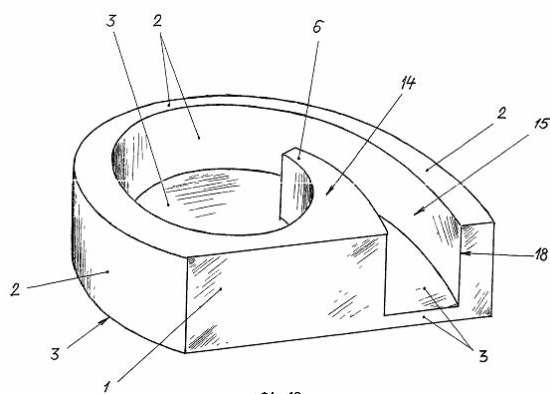


Fig. 19

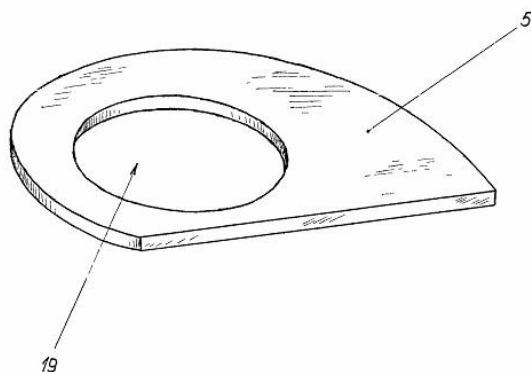


Fig. 20