



УКРАЇНА

(19) UA (11) 83158 (13) C2
(51) МПК
B28C 5/16 (2008.01)
B01F 7/04 (2008.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ АКТИВОВАНОЇ ВОДНО-ЦЕМЕНТНОЇ СУСПЕНЗІЇ

1

(21) а200706013

(22) 30.05.2007

(46) 10.06.2008, Бюл. № 11, 2008 р.

(72) ЧЕРНЕВИЧ ІГОР МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ТО-
ДОРАШКО ГЕОРГІЙ ТИМОФІЙОВИЧ, UA, НАБІУС
ІВАННА АНАТОЛІЙВНА, UA, НЕМЧИН ОЛЕК-
САНДР ФЕДОРОВИЧ, UA

(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-
ЛЬНІСТЮ "НОВА ІНТЕРНАЦІОНАЛЬНА КОРПО-
РАЦІЯ", UA

(56) RU 2257294, B28C5/16, 2005

RU 2036090, B28C5/16, 1995

UA 45639, B01F7/16, 2002

SU 1176933, B01F7/04, 1985

(57) 1. Пристрій для одержання активованої водно-цементної суспензії, що містить корпус із патрубком подачі вхідних компонентів, розвантажувальний патрубок із затвором і змішувальне пристосування турбінного типу, який відрізняється тим, що змішувальне пристосування складається з окремої камери змішування і двох турбін з суперкавітуючими крильчатками, розміщених на протилежних сторонах камери змішування під кутом до днища камери і формуючих в ній при обертанні два зустрічних закручених у протилежні сторони потоки суспензії, що співударяються, при цьому

2

крильчатки турбін мають лопаті клиноподібного профілю з гострою передньою кромкою, розміри і швидкість обертання, які є достатніми для забезпечення значень числа кавітації в діапазоні:

$$0,03 \leq \chi = \frac{0,73 \cdot (P_{ка} - P_d)}{\rho D_{сер}^2 n^2} \leq 1,7,$$

де n - число обертів крильчатки, об/хв;

$D_{сер}$ - середній діаметр крильчатки, м;

ρ - питома густина суспензії, кг/м³;

$P_{ка}$ - тиск в камері змішування, кПа;

P_d - тиск насичених парів води при температурі оброблюваної суспензії, кПа.

2. Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що суперкавітуючі крильчатки мають крокове відношення

$$0,5 \leq H/D_{сер} \leq 2,0$$

і густоту лопатевих ґраток

$$0,5 \leq b/\tau \leq 1,0.$$

3. Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що вали турбін і бокові стінки камери змішування нахилені під кутом до днища камери ϕ і $90 - \phi$ відповідно, де

$$3^\circ \leq \phi \leq 10^\circ.$$

Винахід стосується галузі будівельних матеріалів і виробів, а саме - пристроїв для одержання водно-цементної суспензії і продуктів на її основі - цементного каменю, будівельного розчину і бетонів.

Відомий кавітаційний змішувач [1], що містить корпус з патрубком подачі оброблюваного матеріалу і реагенту і патрубком відводу отриманої суміші, при цьому патрубок подачі реагенту має вихідну кільцеву камеру з двома виходами по ходу і проти ходу руху матеріалу. Вихід по ходу руху матеріалу виконаний у вигляді конфузора, в якому встановлено кавітатори, а на виході проти ходу руху матеріалу встановлено кільцевий обтічник, з можливістю його осевого переміщення. На зовнішній і внутрішній поверхні обтічника закріплені нерухомі крильчатки з лопатями кавітуючого профілю, при цьому лопаті крильчаток встановлені у

взаємно протилежному напрямку для закручування двох потоків: зовнішнього відносно обтічника і внутрішнього - в різні сторони з метою створення дотичних зрізуючих напруг на границі двох потоків, які інтенсифікують процес змішування оброблюваного матеріалу і реагенту.

Однак відоме конструктивне виконання змішувача не забезпечує достатню інтенсивність дотичних зрізуючих напруг через незначне закручування потоків за нерухомими крильчатками. Тому цей змішувач не може реалізувати процеси якісного диспергування і активації компонентів при обробці тонких сумішей типу водно-цементної суспензії. Крім того, наявність рухомого обтічника в потоці суспензії робить цей пристрій ненадійним через швидке зношування рухомих поверхонь.

Відомий також кавітаційний змішувач [2] для одержання вискодисперсних та гомогенізованих

(13) C2

(11) 83158

(19) UA

рідких сумішей в складі корпусу з вхідним та вихідним патрубками, швидкообертового ротора з радіальними кавітуючими лопатками, що мають передню гостру кромку і клиноподібну пряму чи криву форму. Корпус розділений на розподільні та робочі камери, крізь які пропускається оброблювана рідина суміш.

Робочі камери являють собою циліндричний кільцевий канал, який в середній частині перетинається кавітуючими лопатками ротора і складається з зовнішньої довгої обичайки і двох внутрішніх коротких обичайок одного діаметра, розміщених одна за одною з зазором, в якому обертається ротор з лопатками, а також двох кільцевих дисків, які закривають цей кільцевий канал в торцях.

Внутрішні короткі обичайки містять в собі отвори відповідно для входу і виходу оброблюваної рідини, а зовнішня обичайка кільцевого каналу з'єднана з обома внутрішніми обичайками за допомогою радіальних перегородок, які розміщені симетрично і утворюють дві рівні за кількістю групи робочих мінікамер, рівномірно розподілених по кільцю в обох робочих камерах, при цьому радіальні перегородки містять по кінцям отвори для переходу оброблюваної рідини у кільцевому напрямку з однієї мінікамери до іншої.

Недоліком цього пристрою є ускладнений гідравлічний контур з великою кількістю застійних зон, де випадають тверді осадки, контур має неприпустимо великий гідравлічний опір через значні місцеві втрати енергії, а мала площа прохідних отворів робить проблематичним застосування цього пристрою при промислових значеннях витрат оброблювальної суспензії. Пристрій має невелику надійність, оскільки вал ротора швидко обертається в абразивному оброблювальному середовищі і швидко зношується. Це ж саме можна сказати і про передні гострі кромки кавітуючих лопатей.

Відомий також пристрій [3] для приготування будівельних сумішей, що містить корпус із завантажувальним отвором і розвантажувальним патрубком, приводний перемішувач робочий орган у вигляді лопаткового ротора, механізм нахилу корпусу у вертикальній площині для прискорення процесу розвантаження, підпружинену кришку, яка встановлена з можливістю вертикального переміщення відносно корпусу. На кришці встановлені тороїдальна ємність із форсунками для вприску підмішуваних речовин, вигнуті напрямні лопатки і потокоформуючий порожній конус також з вигнутими напрямними лопатками на бічній поверхні для сприяння утворенню стійких циркуляційних зон переміщення суміші, що прискорює процес перемішування. З метою прискорення розвантаження готової суміші на зовнішній бічній стінці корпусу укріплений вібратор, привод якого з'єднаний із приводом лопаткового ротора.

Недоліком цього пристрою є конструктивна складність (особливо підпружиненої кришки), незручність експлуатації, трудомісткість процесів завантаження-розвантаження, необхідність витрати значного часу на перемішування суміші. Крім того, навіть інтенсифіковане лопатковим ротором

перемішування суміші абсолютно недостатнє для активації в'язучого в складі водно-цементної суспензії.

Найбільш близьким за технічною сутністю, взятим як прототип, є пристрій [4] для одержання водно-цементної суспензії, що містить корпус із патрубком подачі вхідних компонентів, боковий розвантажувальний патрубок із затвором, змішувальне пристосування турбінного типу, яке розташоване на днищі корпусу вертикально, при цьому днище камери постачене сальниковою коробкою з ущільненням для вала, порожнина коробки виконана сполученою з робочим простором камери за допомогою кільцевого зазору, а за допомогою спеціального штуцера - з системою подачі стисненого повітря в порожнину корпусу пристрою для барботування суспензії під час її диспергування і активації.

Загальними істотними ознаками пристрою-прототипу і пристрою, що пропонується, є корпус із патрубком подачі вхідних компонентів, розвантажувальний патрубок із затвором і змішувальне пристосування турбінного типу.

Недоліком відомого пристрою є пом'якшення барботуванням повітря режиму гідродинамічної кавітації або й повне її гасіння, у зв'язку із чим має місце недостатнє активування суспензії при даному рівні енергетичних витрат, а також збереження повітряних оболонок навколо часток цементу, що сповільняє і зменшує ступінь гідратації цементу. Істотним загальним недоліком відомих пристроїв з вертикальними осями обертання змішувальних пристосувань є також закручування перемішувачем ротором оброблюваної суміші навколо вертикальної осі з вирвоутворенням і підсмоктуванням повітря з вільної поверхні до робочого органу, що зменшує ймовірність виникнення кавітаційних явищ і знижує або і зовсім припиняє процеси активації цементу в суміші, оскільки при вирвоутворенні погіршуються умови підтікання циркуляційного потоку до диска крильчатки аж до припинення циркуляції - маса суспензії просто обертається навколо вертикальної осі зі швидкістю перемішувача органу. Боковий відвід приготовленої суспензії продовжує час опорожнення пристрою, а з ним продовжує і цикл обробки суспензії в пристрої, чим утруднює його застосування в складі комплексу виробничих пристроїв.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення пристрою для одержання активованої водно-цементної суспензії, в якому шляхом модифікації конструкції корпусу та змішувального пристрою забезпечується організація стійких циркуляційних потоків без значних гідравлічних втрат при промислових значеннях витрат оброблювальної суспензії, підвищення ступеня активації і гідратації цементу в складі суспензії, скорочення часу обробки суспензії в пристрої, скорочення часу на обслуговування пристрою. За рахунок цього збільшується ккд пристрою, його продуктивність та економічність.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для одержання активованої водно-цементної суспензії, що містить корпус, патрубки подачі вхідних компонентів, розвантажувальний

патрубок із випускним затвором і змішувальне пристосування турбінного типу, відповідно до винаходу, змішувальне пристосування складається з окремої камери змішування і двох турбін з суперкавітуючими крильчатками, розміщених на протилежних сторонах камери змішування під кутом до днища камери і формуючих в ній при обертанні два зустрічних закручених у протилежні сторони потоки суспензії, що співударяються, при цьому крильчатки турбін мають лопаті клиноподібного профілю з гострою передньою кромкою, розміри і швидкість обертання, які є достатніми для забезпечення значень числа кавітації в діапазоні

$$0,03 \leq \chi = \frac{0,73 \cdot (P_{\text{ка}} - P_{\text{д}})}{\rho D_{\text{сер}}^2 n^2} \leq 1,7$$

де n - число обертів крильчатки в хвилину;

$D_{\text{сер}}$ - середній діаметр крильчатки, м;

ρ - питома густина суспензії, кг/м³;

$P_{\text{ка}}$ - тиск в камері змішування, кПа;

$P_{\text{д}}$ - тиск насичених парів води при температурі оброблюваної суспензії, кПа.

Крім того, відповідно до винаходу,

- суперкавітуючі крильчатки мають крокове відношення

$$0,5 \leq H/D_{\text{сер}} \leq 2,0$$

і густоту лопатевих ґраток

$$0,5 \leq b/\tau \leq 1,0.$$

- вали турбін і бокові стінки камери змішування розміщені під кутом до днища камери φ і 90- φ відповідно, де

$$3^\circ \leq \varphi \leq 10^\circ,$$

Порівняльний аналіз запропонованої конструкції з найбільш близьким аналогом-прототипом показує, що вона має наступні переваги:

а) циркуляційні потоки організовано без значних втрат на тертя об стінки корпусу за рахунок зниження швидкості руху рідини в корпусі;

б) завдяки розміщенню в камері змішування двох турбінних мішалок, що відкидають два зустрічних закручених в протилежні сторони потоки суспензії в зоні їх зіткнення в рідині створюються дотичні зрізуючі напруги великої інтенсивності, а частинки цементу співударяються з косим ударом, що призводить до «здирання» з них гідратних оболонок і в такий спосіб до прискорення і більш повної гідратації цементу в суспензії;

в) при суперкавітаційній течії за лопатями турбінних мішалок за суперкавернами утворюється поле парогазових мікробульбашок, які колапсують в зонах підвищеного тиску циркуляційних потоків з утворенням кумулятивних мікроструминок. Ці мікроструминки здирають з цементних частинок гідратовані шари, збивають з них «прилипли» мікроплівки повітря, розколюють частинки на більш дрібні, в результаті чого поверхні частинок активуються і, крім того, додатково підвищується ступінь їх гідратації;

г) розміщення двох бокових стінок і валів турбін під кутом до днища камери змішування дозволяє формувати біля днища камери течію без застійних зон, що запобігає утворенню відкладень твердої фази суспензії, наприклад в кутках камери змішування, а при виконанні операції розвантаження пристрою з працюючими крильчатками сут-

тєво скоротити час розвантаження за рахунок використання напору крильчаток для інтенсифікації витoku суспензії із пристрою і перерозподілу течії в сторону течії з меншим опором (тобто в сторону відкритого розвантажувального патрубка).

Проведений порівняльний аналіз показує переваження заявленої конструкції існуючого рівня техніки і вирішення поставленої перед винаходом задачі.

Суть винаходу, що пропонується, пояснюється кресленнями, де показано на Фіг.1 - загальний вигляд пристрою; на Фіг.2 - поздовжній розріз пристрою; на Фіг.3 - розріз за А-А на Фіг.2 (вигляд на кавітуючу крильчатку); на Фіг.4 - розріз за Б-Б на Фіг.3; на Фіг.5 - кавітуюча крильчатка; на Фіг.6 - схема течії суспензії навколо лопатей кавітуючої крильчатки; на Фіг.7 - схема колапсу мікро бульбашок з утворенням кумулятивних струминок; на Фіг.8 і 9 - графіки залежності рівня спектрального кавітаційного шуму від густини лопатевих ґраток, числа кавітації та відносної довжини каверни.

Установка складається з корпусу 1, патрубка подачі вхідних компонентів (зокрема води і цементу) 2, камери змішування 3, у якій на протилежних сторонах розміщені приводні змішувальні пристосування (мішалки) турбінного типу 4 з кавітуючими крильчатками 5, випускний затвор 6 для вивантаження приготовленої водно-цементної суспензії із гідроприводом 7, патрубка відводу приготовленої водно-цементної суспензії 8. Пристрій опирається на інсталяцію (не показана) фундаментною плитою 9.

Пристрій працює в такий спосіб.

За допомогою гідроприводу 7 закривається випускний затвор 6, подається технологічна вода через патрубок 2 і після заповнення камери змішування 3 включається привід мішалок 4. Після цього через патрубок 2 подається до потрібного рівня технологічна вода і цемент (та інші компоненти, якщо вони є).

Обертання крильчаток 5 створює зустрічні закручені в протилежні сторони потоки суспензії, які співударяються в камері змішування 3 з косим ударом частинок цементу, що призводить до «здирання» з них утворених гідратних оболонок і виникненню нових.

У корпусі 1 утворюються стійкі циркуляційні течії (показані на Фіг.2 пунктирною лінією з стрілками) з горизонтальними осями обертання спрямованого переміщення оброблюваного рідкого середовища, що значно прискорює процес перемішування без вирвоутворення і підсмоктування повітря.

За лопатями крильчаток 5 утворюються коливні суперкаверни 10 (див. Фіг.6), які генерують в потоках, що відкидаються крильчатками, поле парогазових кавітаційних мікробульбашок 11. Надходячи в зону співударяння потоків в камері змішування і в рециркуляційних течіях в корпусі 1, де тиск значно вище чим в потоках, що відкидаються крильчатками, парогазові мікробульбашки 11 колапсують з утворенням кумулятивних мікроструминок 12, які, потрапляючи на цементні частинки 13, розколюють їх з утворенням активних поверхонь, збивають із них «прилипли» мікроплівки пові-

тря і «здирають» гідратний шар, підвищуючи ступінь і швидкість гідратації цементу (див. Фіг.7).

Завдяки наявності рециркуляційних течій збільшується час перебування потоків з кавітаційними бульбашками в зоні малих швидкостей і підвищеного тиску, що сприяє повному колапсу кавітаційних бульбашок, що утворилися в камері змішування. Щільність поля колапсуючих кавітаційних паро-газових бульбашок контролюється по інтенсивності спектрального шуму, вимірюваної за допомогою звукових датчиків.

Співставлення рівня кавітаційного шуму з кінематичними характеристиками течії суспензії біля крильчатки: числа кавітації χ і відносної довжини каверни за лопатями $\bar{l}_k = l_k/b$, де l_k - довжина каверни на середньому діаметрі $D_{\text{сер}}$ крильчатки, b - довжина хорди лопаті крильчатки на цьому ж діаметрі, дозволяє виділити області з максимальним рівнем кавітаційного шуму (Фіг.8 і 9). Перша область відповідає режимам часткової кавітації, коли відносна довжина каверни $\bar{l}_k = 0,3...0,6$ і друга - на режимах суперкавітації, коли існує порожнина каверни з відносною довжиною в діапазоні $\bar{l}_k = 1,25...5,00$. Спектральний рівень шуму в другій області G при $\bar{l}_k = 1,25...2,50$ в 1,3... 1,5 рази вище, ніж в першій (Фіг.8) і становить відповідно $G = 110...145$ дБ і $G = 70...110$ дБ. На режимах суперкавітації основна частота кавітаційного шуму нижче (3...6 Гц), чим на режимах часткової кавітації (16...18 Гц). Це пов'язано з тим, що при $\bar{l}_k = 0,3...0,6$ в загальній кількості кавітаційних бульбашок переважають бульбашки дуже малих розмірів з діаметром $d_b \leq 100$ мкм, а діапазон їхніх розмірів визначається діапазоном розмірів ядер кавітації у воді і часом перебування в зоні розрідження на лопатях крильчатки 8. При відносній довжині каверн $\bar{l}_k = 2,0...5,0$ розмір бульбашок коливається в межах $d_b = 150...350$ мкм і визначається характером нестационарної течії у хвості каверни. Цей розмір бульбашок, очевидно, і є оптимальним з погляду одержання максимальних швидкостей кумулятивних струмин (500...700 м/с), що в свою чергу сприяє одержанню максимального технологічного ефекту.

Оскільки відносна довжина каверни \bar{l}_k залежить від числа кавітації χ , то режим кавітаційної течії в кінцевому рахунку визначає саме цей параметр, підбір потрібного значення цього параметра проводять відповідним підбором середнього діаметра крильчатки і швидкості обертання валу мішалки, виходячи зі співвідношення

$$\chi = \frac{1}{10^3} \cdot \frac{P_{\text{ка}} - P_{\text{д}}}{\rho V_{\text{відн}}^2 / 2} \approx \frac{1}{10^3} \cdot \frac{P_{\text{ка}} - P_{\text{д}}}{\rho V_{\text{кол}}^2 / 2} \approx \frac{0,73 \cdot (P_{\text{ка}} - P_{\text{д}})}{\rho D_{\text{ср}}^2 n^2},$$

де $P_{\text{ка}}$ - тиск течії в камері змішування, кПа;

$P_{\text{д}}$ - тиск насичених парів води при даній температурі, кПа;

$V_{\text{відн}}$ - відносна швидкість течії біля лопаті крильчатки, м/с (див. Фіг.6),

$$V_{\text{відн}} = \sqrt{V_{\text{ос}}^2 + V_{\text{кол}}^2};$$

$V_{\text{ос}}$ - осьова швидкість течії біля лопаті криль-

чатки, м/с (див. Фіг.6),

$\Delta H_{\text{кр}}$ - напір, що розвивається крильчаткою, м;

$V_{\text{кол}}$ - колова швидкість лопаті крильчатки на середньому діаметрі, м/с

(див. Фіг.6), $V_{\text{кол}} = n \cdot \pi D / 60$, $V_{\text{кол}} \gg V_{\text{ос}}$;

n - число обертів електромотора, об/хв;

Проведені випробування показують, що геометричні характеристики оптимальних крильчаток лежать у межах: для крокового відношення $0,5 \leq H/D_{\text{ср}} \leq 2,0$ і густоти лопатевих ґраток $0,5 \leq b/\tau \leq 1,0$ при числах кавітації $0,03 \leq \chi \leq 1,7$. Тут прийняті позначення: H - крок крильчатки, м; $D_{\text{ср}}$ - середній діаметр крильчатки, м (див. Фіг.5), $D_{\text{ср}} = D_{\text{мат}} + 0,6 \cdot (D_{\text{мат}} - D_{\text{кр}})$; $D_{\text{мат}}$ - діаметр маточини крильчатки, м; $D_{\text{кр}}$ - діаметр крильчатки, м; b - довжина хорди лопаті на середньому діаметрі, м; τ - колова відстань між лопатями на середньому діаметрі, м, $\tau = \pi D_{\text{ср}} / z$; z - число лопатей; α - кут установки лопаті на середньому діаметрі крильчатки, град;

Оптимальний час обробки водно-цементних суспензій коливається від 15 до 120 с залежно від режимів обробки - при низьких числах кавітації 30...60 с, при більш високих - 60... 120 с. При такому часовому циклі обробки дуже важлива перевага пристрою, що заявляється, - зменшений час розвантаження: додатковий напір від нахилених турбін прискорює витікання готової суспензії із пристрою.

Аналіз результатів виробничих випробувань показує, що фізико-механічна активація цементу, підвищення ступеня гідратації цементу в складі суспензії при оптимальних питомих витратах енергії були отримані при числах кавітації, наведених у таблиці.

b/τ	H/D _{ср}		
	0,5	1	2
	χ		
0,5	1,623	0,952	0,629
0,8	1,556	0,954	0,761
1,0	0,567	0,353	0,222

Інтенсивність кавітації і пов'язаний з нею процес активації цементу помітно росте з ростом водно-цементного відношення і досягає максимуму при $V/\Omega = 0,9$. Тому при інших водно-цементних відношеннях проводиться змішування активованої суспензії з неактивованим замісом або проводиться активація суспензії при неоптимальних умовах.

Таким чином, запропонований пристрій забезпечує ефективне використання затрачуваної енергії на фізико-механічну активацію цементу, підвищення ступеня активації і гідратації цементу в складі суспензії, а також підвищення продуктивності устаткування по виробництву активованої водно-цементної суспензії завдяки організації більш досконалої течії оброблюваної суспензії і скороченню за рахунок цього кількості циклів рециркуляції, достатніх для отримання готового продукту, скороченню часу на зачищення пристрою, на ремонт чи заміну частин, що зносилися, тобто скоро-

ченню загального циклу приготування водно-цементної суспензії в пристрої.

Джерела інформації:

1. Ас. СРСР №1176933 МПК⁴ B01F 7/04 Кавітационний смеситель. Оубл.: 07.09.85.

2. Патент України №45639, МПК⁸ B01F 7/16 Кавітаційний змішувач Павловського. Оубл.:

15.04.2002

3. Патент РФ №2036090 МПК⁶ B28C 5/16 Рас-творосмеситель. Оубл.: 27.05.1995

4. Патент РФ №2257294 МПК⁷ B28C 5/16 Спо-соб получения цементно-водной суспензии и уст-ройство для его осуществления. Оубл.: 27.07.2005.

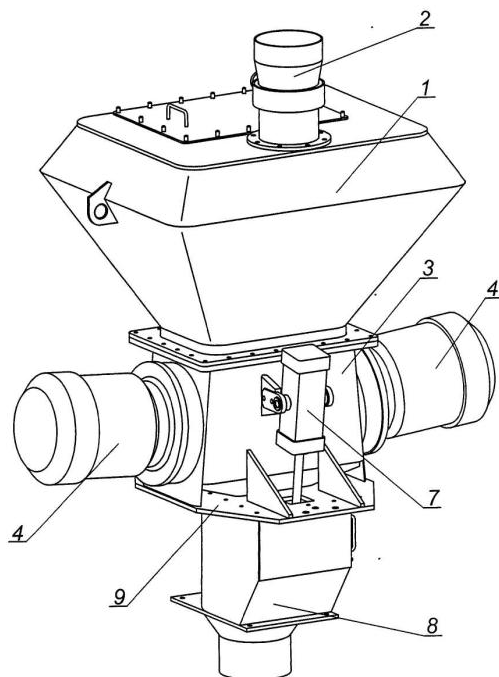


Fig. 1

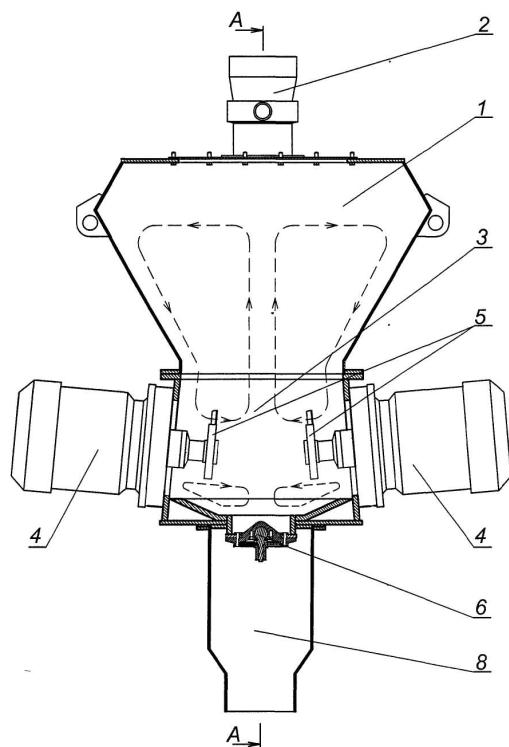
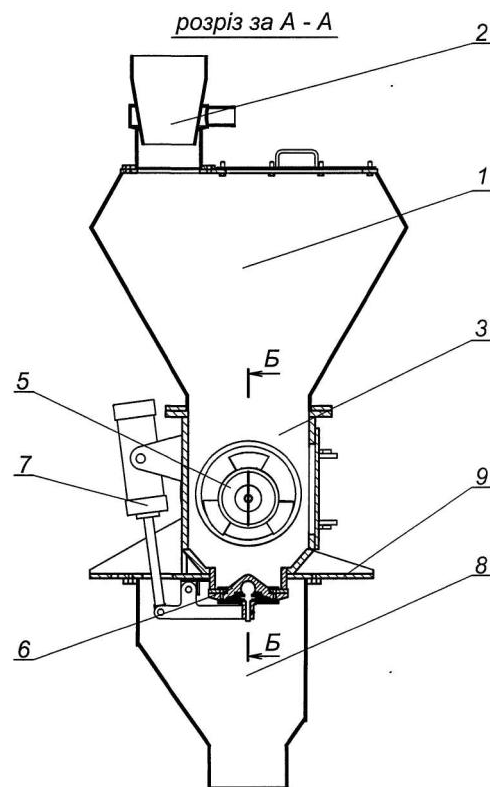
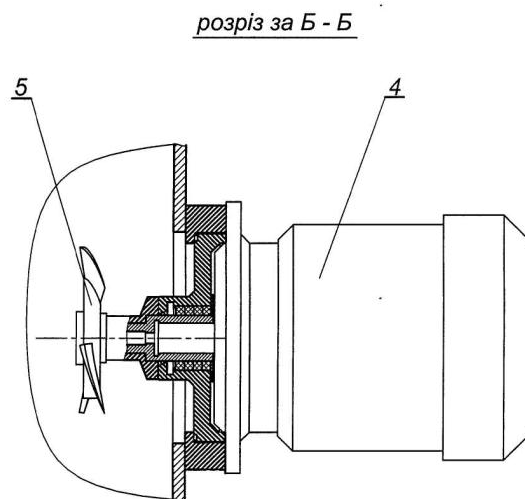


Fig. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

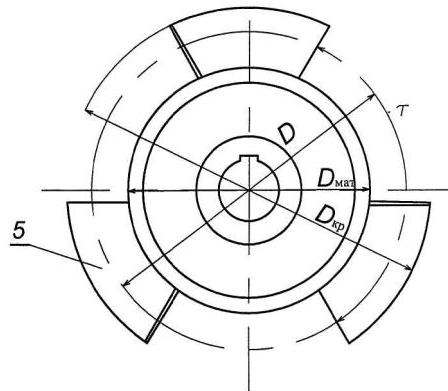


Fig. 5

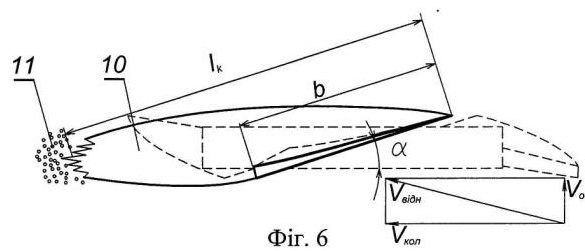


Fig. 6

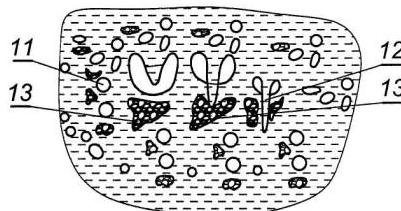


Fig. 7

Залежність спектрального рівня кавітаційного шуму
від числа кавітації та густоти лопатевої ґратки
для крильчаток з $H/D = 1$

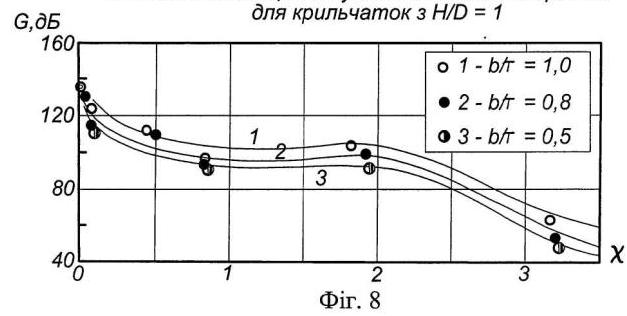


Fig. 8

