



Сілін Р. І.

Гордєєв А. І.

*Хмельницький
національний
університет*

УДК 621.787

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТА ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАННЯ ВІБРОМАШИН НА ОСНОВІ ГІДРОПУЛЬСАТОРА

В статтє приведен анализ направлений развития вибрационного оборудования на основе гидропульсатора и особенности методики проектирования оборудования разного технологического назначения.

In clause the theoretical analysis of directions of development of vibrating fluctuations for creation cavitations in water is resulted. It is resulted designs of the vibrating equipment, of the different technological setting.

Актуальність питання. У багатьох галузях промисловості усе більш широке застосування знаходять вібраційні технологічні процеси, у яких використовуються багатофазні середовища. Це можуть бути розплави металів, скла й полімерів, суспензії твердих часток і газових пухирців у рідині, дрібнодисперсні суспензії крапель у газоподібному чи рідкому середовищу і т.п.

При здійсненні процесів, зв'язаних із необхідністю рівномірного розподілу різних фаз у рідкій основі (одержання композитів) або їхньої сепарації з рідини (дегазація і флотаційне збагачення), істотного значення набуває можливість прогнозування реакції таких систем на різного роду зовнішні періодичні впливи. Як показали раніше виконані дослідження динамічних явищ у багатофазних середовищах [1], підданих керованим вібраційним впливам, багато з них можуть бути успішно використані як для інтенсифікації зазначених процесів, так і при розробці й реалізації принципово нових технологічних прийомів, наприклад, мийка та очистка від технологічних забруднень, зміцнення інструменту з метою підвищення періоду його стійкості, зняття облою та заусенців з деталей, які легко деформуються, знезараження води та зміни її властивостей, біологічної активації.

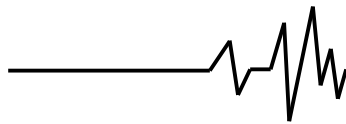
Аналіз остатніх досліджень. Відомі конструкції механічних систем пульсації робочого тіла, які застосовуються в хімічній технології для процесів перемішування [2] та екстракції елементів з розчинів [3]. Конструкції механічних систем пульсації рідини найбільш прийнятні для застосування в вібраційному обладнанні, але для реалізації імпульсних

струменів необхідно застосовувати насадки спеціальної форми з послідуочим комплексом досліджень взаємозв'язку конструктивних параметрів з параметрами роботи приводу.

Відомі конструкції технологічного обладнання для впливу на властивості робочого середовища та зміни його характеристик: горизонтального розташування з пневматичним буфером [1], кавітаційно-магнітний активатор [4], пристрій для магнітної обробки рідини ([1]. Аналіз науково-технічної інформації, а також досвід використання кавітаційних пристроїв в харчовій промисловості дозволяє стверджувати, що з усіх відомих видів гідромеханічної дії на середовище, кавітаційна дія найбільш ефективна з одночасним застосуванням магнітного поля. В останні роки саме така обробка харчових середовищ стала основою розвитку цілого напрямку в промисловості. Але те, що більшість робіт має переважно якісний характер, свідчить про необхідність продовження і поглиблення досліджень.

Мета роботи. Розвиток наукових та прикладних основ проектування вібраційного обладнання на основі гідропульсатора (ГП) різноманітного технологічного призначення, незалежно від галузі використання, де рідина виступає, як робоче тіло-інструмент або як об'єкт обробки гідрокавітацією із зниженими енерговитратами.

Результати досліджень. На основі аналізу властивостей об'єктів досліджень, основних закономірностей розглянутих процесів механічної дії на робоче тіло було обґрунтовано методи підвищення ефективності процесів та тенденції розвитку вібраційних



машин для здійснення операцій гідродробозміцнення, мийки поверхонь, зняття облою та заусенців, просочування,

властивостей робочого середовища в умовах вібраційного технологічного поля та пульсуючих струменів, зокрема (рис. 1).

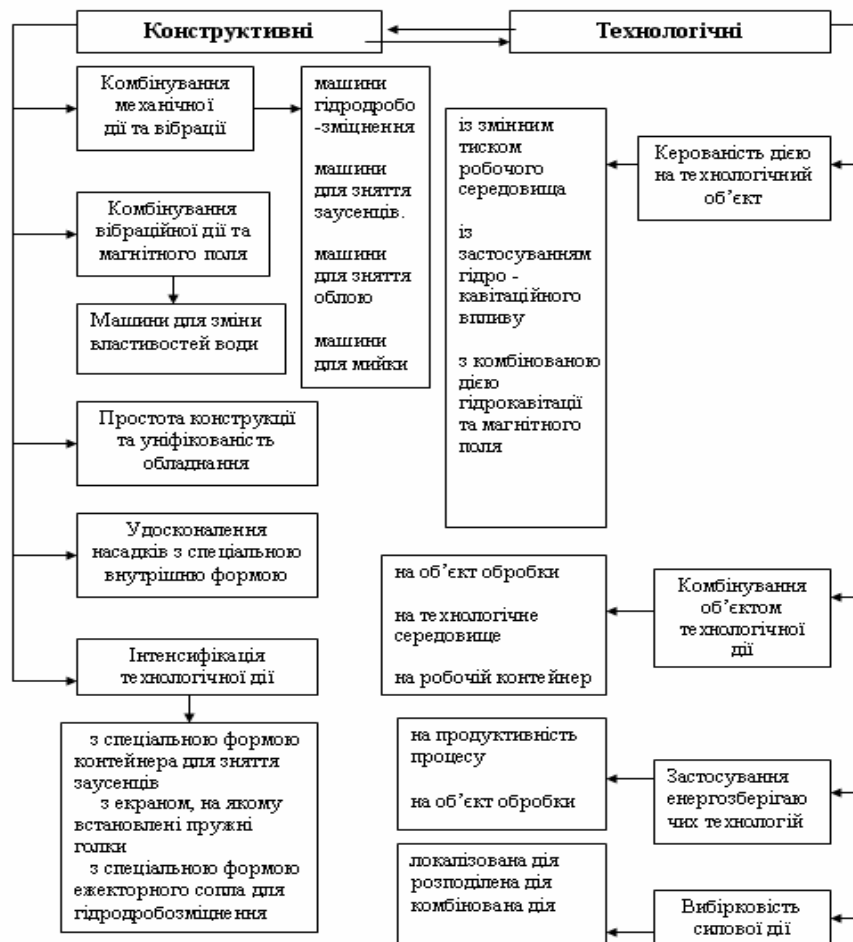


Рис. 1. Основні напрями удосконалення конструктивних та технологічних схем вібраційних машин різного технологічного призначення

Огляд технічної літератури та аналітичні дослідження [1,4,7] дозволили встановити, що основними характеристиками пульсуючого газорідного потоку є швидкість руху та тиск потоку, розміри газових пухирців. Дані характеристики залежать в свою чергу від конструктивних параметрів устаткування – діаметру пульсуючої камери та діаметру насадка, висоти пульсуючої камери; параметрів приводу – частоти та амплітуди коливань.

Запропоновано спосіб та конструкції механізмів утворення пульсуючих струменів рідини [1,7], в якому використовується зворотно – поступальний рух рідини через насадок із гострими крайками на вході. При цьому на виході з насадка гідропульсатора отримуємо пульсуючий струмінь рідини з включеннями газових пухирців, що виділяються з рідини внаслідок кавітаційних явищ.

Для реалізації, вище описаних технологій, використовуються конструкції гідропульсаторів, що зображені на рис. 2 та рис. 3. Пульсуючі струмені та газорідний потік утворюється в пристрої (рис. 2), який працює так: при рухові мембрани 3 вниз в камері 1 створюється розрідження і рідина втягується в камеру через насадок 2. При ході мембрани вверх відбувається стискання рідини і вона під тиском виштовхується через насадок із камери. При протіканні рідини через насадок утворюється кільцева ізольована порожнина, яка руйнується при досягненні певного тиску рідини в пульсуючій камері. При руйнації кільцевої ізольованої порожнини з рідини починає виділятися у вигляді газових пухирців повітря, що розчинене в рідині. Принцип роботи поршневого гідропульсатора аналогічний.

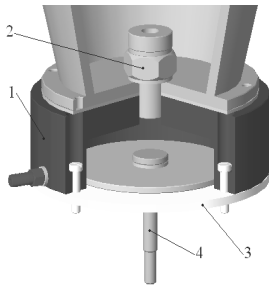
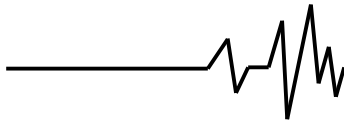


Рис. 2. Конструкція мембранного гідропульсатора: 1 – камера; 2 – насадок; 3 – мембрана; 4 – шток

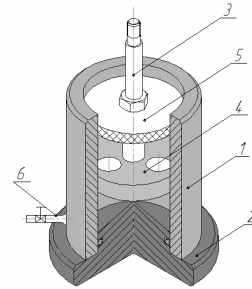


Рис. 3. Конструкція поршневого гідропульсатора: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – шток; 4 – поршень з отворами; 5 – гумовий відбійник струменів; 6 – кран

Виходячи з аналізу існуючих конструкцій технологічного обладнання, запропоновано загальну схему побудови вібраційного обладнання на основі гідропульсатора та

виявлено основні взаємозв'язки конструктивних, технологічних параметрів пропонованого обладнання (рис. 4).

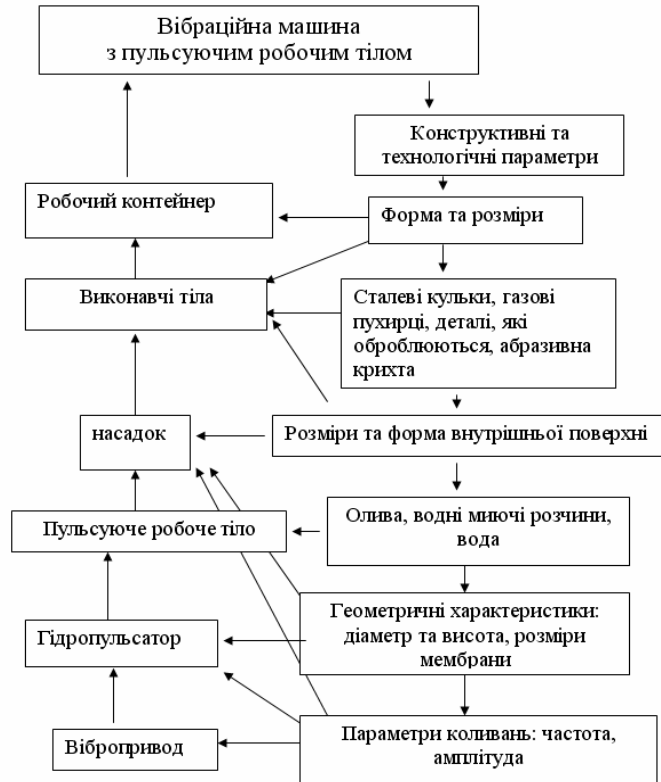


Рис. 4. Блок - схема взаємозв'язку елементів та вузлів вібраційної машини на основі ГП з технологічними параметрами

Спеціальне та універсальне устаткування для різних видів оброблення виробів із застосуванням пульсуючого робочого тіла та гідрокавітації має широкі потенційні можливості використання в різних технологічних процесах. Загальна методика проектування такого класу

машин полягає у визначенні комплексу певних співвідношень конструктивних залежностей обладнання та гідропульсатора, форми насадка, необхідних режимів роботи привода (див. рис.5).

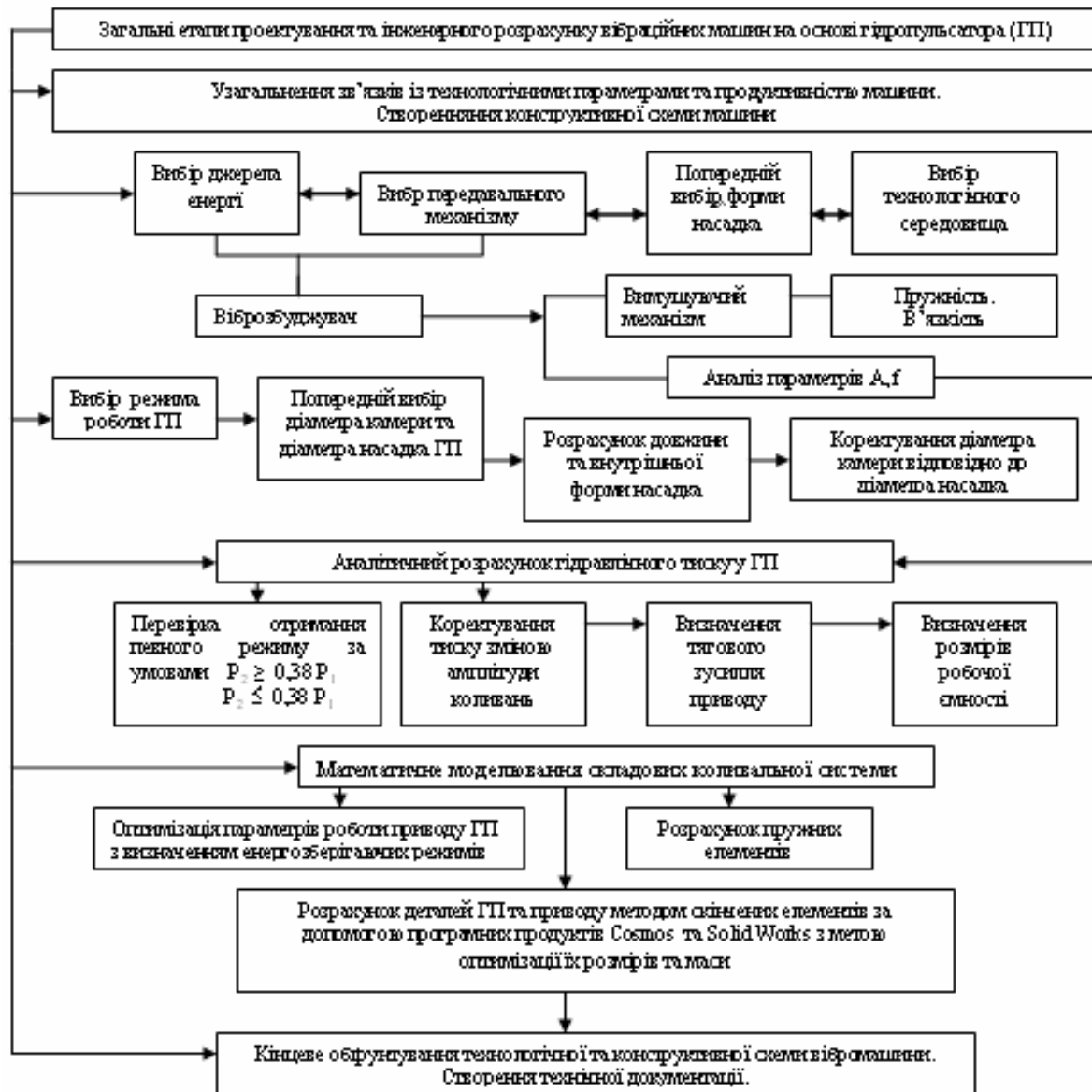


Рис. 5. Загальні етапи проектування вібраційного обладнання

Особливістю розрахунків обладнання для зміни властивостей води, з ціллю забезпечення найбільшої продуктивності, є необхідність отримувати найбільшу довжину гострої кромки. Це можливо при умові збільшення кількості насадків при збереженні швидкості протікання крізь них рідини. Така умова виникає з рівності їх сумарної площі отворів d_n до площі отвору насадка D_n , знайденого попередньо:

$$\frac{\pi \cdot d_n^2}{4} n = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4}, \text{ звідки}$$

діаметри насадків при певній їх кількості можна визначити за формулою:

$$d_n = D_n \sqrt{\frac{1}{n}}, \quad (1)$$

де n – кількість насадків меншого діаметра.

Зміну довжини гострої кромки насадка від їх кількості n та діаметра d_n , при рівній сумарній площі, демонструє графік на рис. 6.

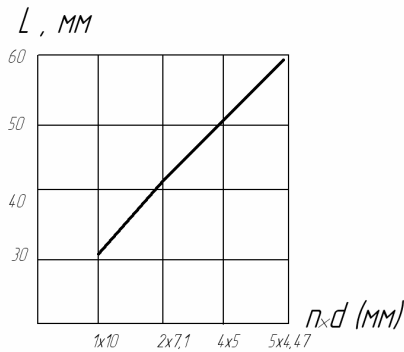
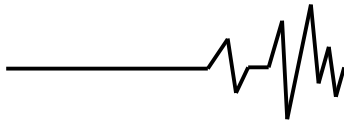


Рис. 6. Зміна сумарної довжини гострої кромки; L – сумарна довжина гострої кромки; $n \times d$ – кількість отворів певного діаметру

Особливості проектування спеціального обладнання для зняття заусенців з деталей, які легко деформуються полягають у наступному. Згідно досліджень [1] приймається режим роботи струминно-пульсуючий. Робоче пульсуюче середовище: суспензія абразивної крихти розмірами від 1,5 мм до 2 мм з водою.

Проводиться розрахунок по визначенню максимального тиску в гідропульсаторі за допомогою програми «Визначення тиску» для ряду амплітуд та частот. Задавшись певною амплітудою та частотою коливань, визначається з розрахункової матриці тиск у гідропульсаторі. Проводиться перевірка по умові здійснення струминно-пульсуючого режиму руху робочого тіла. Регулювання режиму проводиться зміною величини амплітуди у відповідну сторону. Визначаються параметри режиму роботи віброприводу (A, f). Вибирається розмір насадка d_n (від 8 мм до 10 мм) та форму внутрішньої поверхні, виконаної за умови експоненти з метою збереження енерговитрат.

Визначається розміри камери пульсації D із залежності:

$$d_n/D = 1/12. \quad (2)$$

Визначається діаметр дисків камери пульсації за залежністю:

$$d_d = D - 10 \text{ мм}. \quad (3)$$

Діаметр камери оброблення d_k визначається із залежності:

$$d_k = (3 \dots 4) d_n. \quad (4)$$

Висота камери оброблення H_k визначається із залежності:

$$H_k = (8 \dots 10) d_n \quad (5)$$

Діаметр ємкості d_e визначається із залежності:

$$D_e = (4 \dots 5) d_k \quad (6)$$

Діаметр отвору у стопорній гайці із сіткою визначається за залежністю:

$$d_o = d_k - 10 \text{ мм}. \quad (7)$$

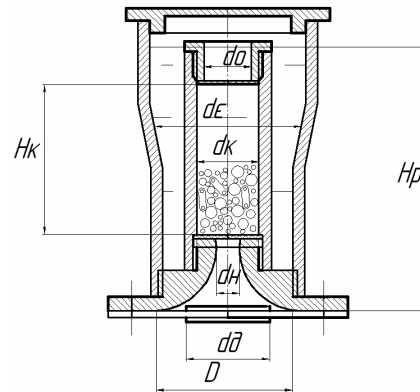


Рис. 7. Схема зв'язку конструктивних параметрів обладнання для зняття заусенців з деталей, які легко деформуюся

Об'єм завантаження крихти та деталей, що оброблюються, дорівнює половині об'єму робочої камери у співвідношенні 8:1 відповідно.

Вибирається тип віброприводу та виконується загальне компоунування обладнання. Необхідно передбачити видалення продуктів зношування за допомогою зливного отвору та зручність промивання самої ємкості від забруднень.

Розглянемо конструктивні виконання обладнання для різноманітних технологічних процесів незалежно від галузі застосування.

У зв'язку з переходом виробництва на серійний та дрібносерійний тип, виникає потреба в проектуванні ефективного обладнання із зниженими енерговитратами і низькою металоємністю, тому пропонується обладнання для гідродробоструминного зміцнення деталей та інструментів в основу конструкції якого покладено вібраційний гідропульсатор для отримання пульсуючого струменю рідини з високим динамічним напором без циркуляції крізь насосну станцію [1,9].

Завдяки пульсуючому струменю рідини кульки подаються порціями, що зменшує втрати енергії удару в результаті уникнення взаємодії кульок між собою, і продуктивність обробки підвищується.

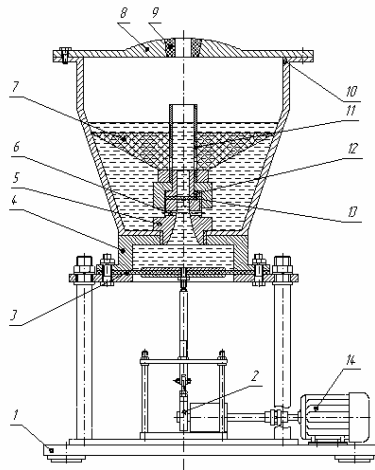
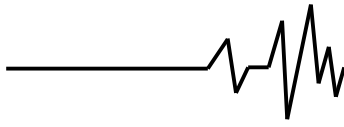


Рис. 8. Обладнання для гідродробоструминного зміцнення свердел:
 1 – рама; 2 – кулачковий вібропривод;
 3 – мембрана; 4 – камера; 5 – насадок;
 6 – отвори; 7 – розділювальна сітка;
 8 – кришка; 9 – втулка; 10 – ванна;
 11 – направляюча трубка; 12 – сопло;
 13 – сітка; 14 – електродвигун

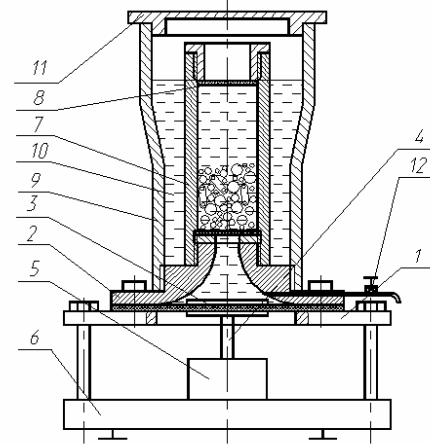


Рис. 9. Обладнання для об'ємної вібраційної струмино-абразивної обробки заусенців:
 1 – пластина; 2 – камера; 3 – мембрана;
 4 – шток; 5 – вібропривод; 6 – основа;
 7 – ємкість; 8 – сітка; 9 – циліндрична ємкість; 10 – рідина; 11 – кришка;
 12 – кран

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень [1] було розроблено обладнання для мийки та очищення на основі вібраційного гідропульсатора. Конструкція обладнання проектується під певний забруднювач та з

урахуванням особливостей конструкції виробу, який очищується.

На рис.10 показана конструкція обладнання для промивання від стружки порожнин корпусу газового лічильника: 1 – деталь; 2 – диск; 3 – привод; 4 – вібропривод

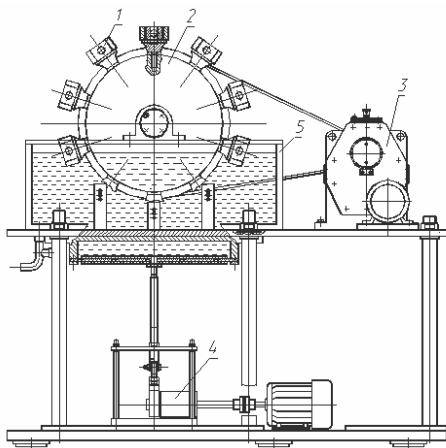


Рис. 10. Обладнання для промивання від стружки порожнин корпусу газового лічильника: 1 – деталь; 2 – диск; 3 – привод; 4 – вібропривод

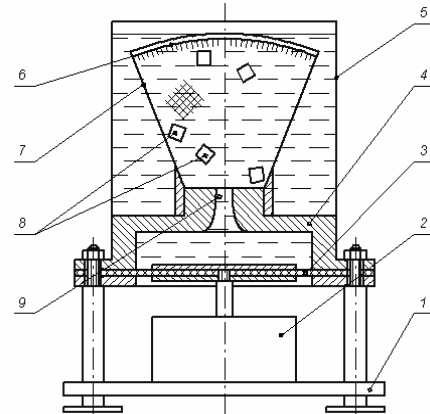
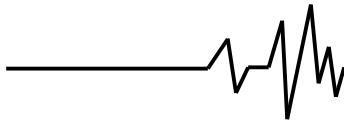


Рис. 11. Обладнання для зняття облою з пластмасових армованих деталей: 1 – рама; 2 – вібропривод; 3 – мембрана; 4 – камера; 5 – ємкість; 6 – голчастий екран; 7 – сітка; 8 – деталі; 9 – насадок



Одним із різновидів об'ємного вібраційного оброблення є запропонований вібраційний струмино-абразивний метод зняття заусенців на мілких металевих деталях. В основу якого покладено принцип передачі енергії руху робочого середовища через струмені рідини, які поперемінно виникають у робочій камері з різними напрямками [1,10].

Створено нову конструкцію обладнання для об'ємного вібраційного струмино-абразивного оброблення заусенців на мілких прецизійних деталях (контактори релейної апаратури) без їх механічного деформування [10]. Це досягається тим, що абразивні гранули (від 1 мм. до 1,5 мм.) та деталі засипаються у циліндричну ємкість, у якої верхня та нижня кришка, виконана із сіткою, а струмінь рідини рухається через ємкість, у зворотнопоступальному русі. Потік рідини захоплює та коливає абразив і деталі, але з різними швидкостями, що дає відносну швидкість оброблення. При такому русі рідини знижуються ударне навантаження та механічне деформування деталей. Запропонована конструкція обладнання, показана на рис. 9.

Однією зі складних та трудомістких технологічних задач виготовлення релейної та комутаційної апаратури є очищення облою (залишок пластмаси, який виникає внаслідок зазорів прес-форми та матриці) з пластмасових та армованих пластмасових деталей після їх пресування.

Запропонована технологія та нова конструкція вібраційного устаткування для зняття облою металевими голками у ємкості з пульсуючим струменем рідини рис.11 [1,8].

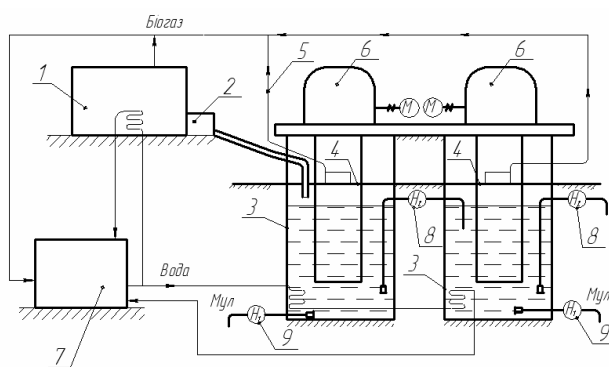


Рис. 12. Конструктивна схема загального виду вібраційного обладнання для очищення і знезараження стічних вод: 1 – ємкість; 2 – ґратчастий фільтр; 3 – ємкість; 4 – гумова кришка; 5 – система збору біогазу; 6 – струминний гідрокавітатор; 7 – казан; 8 – насос; 9 – насос

Запропоновано спосіб [11] та конструкцію [12] обладнання для переробки стічних вод сільськогосподарського комплексу для прискорення їх бродіння та знезаражування.

Знезаражуюча дія кавітації заснована на ефектах, які виникають у турбулентних потоках рідини. Так при гідродинамічних коливаннях рідини виникають і зникають кавітаційні пухирці, при цьому стимулюються фазові переходи, підвищуються локальні температури й тиск. Крім того, у моменти утворення й зникнення кавітаційних пухирців у газонаповненій порожнині створюються умови для появи електричних зарядів, електричних і магнітних полів. Особливістю кавітаційного методу знезаражування води від яєць і личинок паразитів досягається за рахунок їхнього механічного розриву ударними хвилями. Для руйнування бактерій і вірусів термобаричний вплив підсилюється локальною електромагнітною дією, коли наведені електричні потенціали пробивають їхні мембрани й оболонки.

На рис. 12 показано загальний вид конструкції вібраційного обладнання для очищення й знезаражування стічних вод. На рис. 13 показано вібраційний струминний гідрокавітатор. Завдяки застосуванню запропонованої конструкції обладнання, є можливість одночасно проводити очищення (окислювання, бродіння) мулових осадів і знезаражування водних стоків з використанням біогазу, який виділяється в процесі, у потребах господарства.

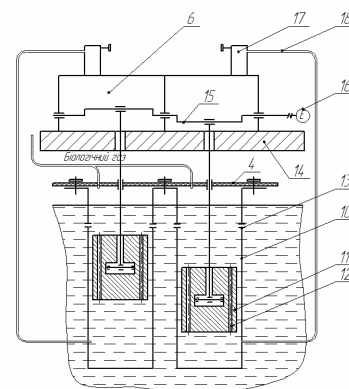


Рис. 13. Конструктивна схема вібраційного струминного гідрокавітатора: 4 – гумова кришка; 6 – ексцентриковий вібропривод; 11 – поршень; 12 – отвори; 13 – отвір; 14 – плита; 15 – ексцентриковий вал; 16 – привод; 17 – дротель; 18 – трубка

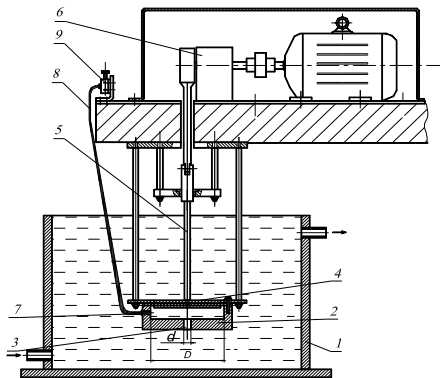
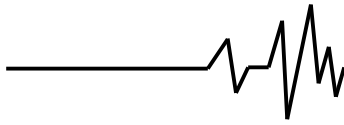


Рис. 14. Обладнання для освітлення та очистки стічної води: 1 – бак; 2 – циліндричний корпус; 3 – отвір; 4 – мембрана; 5 – тяга; 6 – вібропривод; 7 – штуцер; 8 – шланг; 9 – дросель

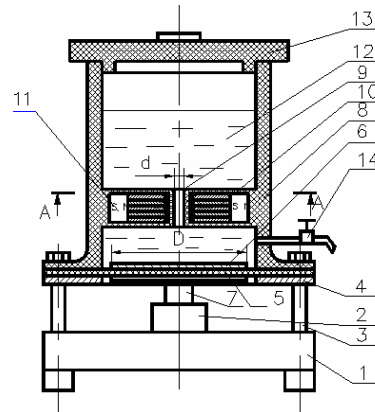


Рис. 15. Обладнання кавітаційно-магнітної обробки води: 1 – корпус; 2 – вібропривод; 3 – стійки; 4 – плита; 5 – мембрана; 6 – диск; 7 – шток; 8 – ємкість; 9 – отвір; 10 – загострені сегменти; 11 – магніти; 12 – вода; 13 – кришка; 14 – кран

Запропоновано конструкцію обладнання [13] з підвищеним ступенем окислювання, у якому, за допомогою вібраційних коливань, створюється гідрокавітаційний ефект та подача повітря у робоче тіло здійснюється від вібраційного руху приводу (див.рис.14).

Поставлене завдання досягається тим, що в бак з водою, яка очищається, встановлений циліндричний корпус з отвором для всмоктування та викиду води, який містить гумову мембрану, з'єднану тягою з віброприводом. В корпус циліндра вкручено штуцер підводу повітря, який з'єднано шлангом із дроселем. Завдяки кавітаційному ефекту проходить подрібнення завислих часток та насичення рідини пухирцями повітря. Завдяки тому, що дросель встановлений вище рівня рідини та малій степені його відкриття, рідина через нього не виходить. У результаті проведених досліджень магнітного поля на властивості води [7] запропоновано ряд нових конструкцій обладнання для очищення та знезараження води на основі вібраційного гідропульсатора з магнітним впливом [14-17]. Запропоновано конструкцію обладнання для кавітаційно-магнітної обробки води [15], яке складається з блоку постійних магнітів із загостреним сегментним осердям, які охоплюють немагнітний канал через який багатократно перетікає рідина у режимі гідрокавітації. Досягається сумарний вплив кавітаційного та магнітного впливу на рідину. Конструкція кавітаційно-магнітного обладнання для обробки води показана на рис.15. Запропоновано нову конструкцію вібраційного обладнання для одержання біологічно активної

води [18] (див. рис. 16), що використовується в медицині та рослинництві.

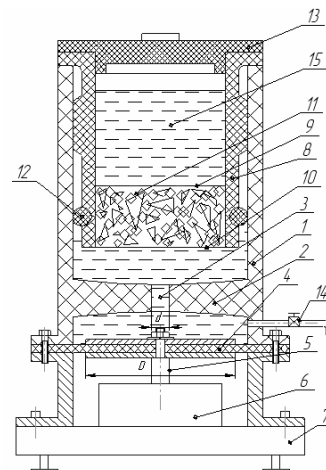
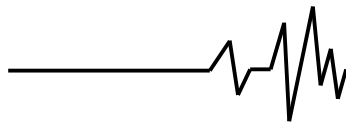


Рис. 16. Вібраційне обладнання для біологічної активації води: 1 – корпус; 2 – перегородка; 3 – отвір; 4 – мембрана; 5 – шток; 6 – вібропривод; 7 – плита; 8 – ємкість; 9 – верхня сітка; 10 – нижня сітка; 11 – активуючі елементи; 12 – гумове кільце; 13 – кришка; 14 – кран; 15 – вода

Висновки. У результаті дослідження закономірностей протікання процесів оброблення, обґрунтування тенденцій розвитку технологічних та конструктивних схем обладнання сформульовано загальні науково-технічні основи конструювання та особливості методики проектування вібраційного обладнання на основі гідропульсатора.



Техніко-функціональний аналіз запропонованих конструкцій вібраційного обладнання на основі ГП показав їх практичну доцільність та перспективність подальшого розвитку вібраційної техніки з пульсуючим робочим тілом.

Література

1. Сілін Р.І. Вібраційне обладнання на основі гідропульсатора / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв. Монографія. Хмельницький: ХНУ, 2007 – 386 с.
2. Кожевников С. Н. Механизмы : справочник / С. Н. Кожевников, Я. И. Есипенко, Я. М. Раскин ; под ред. С. Н. Кожевникова. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1976. – 784 с
3. Карпачова С. М. Основы теории и расчета пульсационных аппаратов и пульсаторов / С. М. Карпачова, Л. С. Рагинский, В. М. Муратов. – М. : Атомиздат, 1981. – 224 с.
4. Федоткин И. М. Кавитация. Кавитационные энергетические аппараты и установки / И. М. Федоткин, С. И. Гулый. – К. : Арктур–А, 1998. – 130 с.
5. Сілін Р.І. Применение гидропульсатора как модуля при проектировании вибрационных машин /Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв. // Materialy 3 Miedzynarodowej konferencji Naukowo-Technicznej-MTK 2002. МЕCHANIKA Z.59 Modulowe technologie i konstrukcie w budowej maszyn. Rzeszow. – 2002, С. 29–33 .
6. Сілін Р.І. Кавітаційно – магнітна обробка води та вібраційне обладнання на основі гідропульсатора / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв // Сб.тр.ІІ меж.н-т. конференції «Современные достижения в науке и образовании», сентябрь 2008, г. Нетанія, Ізраїль. – Хмельницький: ХНУ, 2008. – С.46 – 49.
7. Сілін Р.І. Властивості води та сучасні способи її очищення: монографія / Р.І. Сілін, Б. А. Баран, А. І. Гордєєв. – Хмельницький: ХНУ, 2009. – 254 с., іл.
8. А.с.1297952 СССР, МКИ³ В08В7/02. Устройство для очистки мелких изделий / А.И. Гордеев, М.А. Фетисов, С.А. Дытюк (СССР) – 3978755/31– 12; Заяв. 22.11.1985; Оpubл. 23.03.1987, Бюл. №11. – 2 с.
9. Пат. на корисну модель 36441 України, МПК В24В 5/00. Пристрій для гідродробоструменевого зміцнення фасонних інструментів / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв, О.А. Гордєєв (Україна); заявник і патентовласник Хмельницький нац. ун-т. – u200808743; Заяв. 16.05.2007; Оpubл. 27.10.2008, Бюл. №20. – 3с.
10. Пат. на корисну модель 21279 України, МПК В24В 5/00. Устаткування для вібраційної струминно-абразивної обробки дрібних деталей / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв, В.В. Третько, Є.А. Урбанюк (Україна); заявник і патентовласник Хмельницький нац. ун-т. – u200608711; Заяв. 03.08.2006; Оpubл. 15.03.2007, Бюл. №3. – 3 с.
11. Пат. на корисну модель 54072 України, МПК С02F 1/34. Спосіб очищення та знезаражування стічних вод / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв (Україна); заявник і патентовласник Хмельницький нац. ун-т. – u201005160; Заяв. 28.04.2010; Оpubл. 25.10.2010, Бюл. №20. – 4с.
12. Пат. на корисну модель 54073 України, МПК С02F 1/34. Вібраційне обладнання для очищення й знезаражування стічних вод / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв (Україна); заявник і патентовласник Хмельницький нац. ун-т. – u201005164; Заяв. 28.04.2010; Оpubл. 25.10.2010, Бюл. № 20. – 4 с.
13. Пат. на винахід 48400 України, МПК С02F1/46. Пристрій для очистки стічної води / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв, В.О. Павлик (Україна); Технологічний ун-тет Поділля. – u2001064234; Заяв. 19.06.2001; Оpubл.15.08.2002, Бюл. № 8. – 3 с.
14. Сілін Р. І. Вібраційне обладнання для кавітаційно-магнітної обробки води / Р. І. Сілін, А. І. Гордєєв // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів, 2009. – № 43. – С. 33–43.
15. Пат. на корисну модель 37257 України, МПК С02F 1/48. Пристрій для кавітаційно-магнітної обробки води / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв, Б.А. Баран, Є.А. Урбанюк (Україна); заявник і патентовласник Хмельницький нац. ун-т. – u200806742; Заяв. 16.05.2008; Оpubл. 25.11.2008, Бюл. №22. – 4 с.
16. Пат. на корисну модель 25775 України, МПК В01F 5/00. Кавітаційний пристрій для обробки води / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв, О.А. Гордєєв, В.В. Третько, Є.А. Урбанюк (Україна); Хмельницький нац. ун-тет. – u200702555; Заяв. 12.03.2006; Оpubл.27.08.2007, Бюл. №13. – 3 с.
17. Пат. на корисну модель 25811 України, МПК В01F 5/00. Вібраційний кавітатор для зміни властивостей води / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв, О.А. Гордєєв, В.В. Третько, Є.А. Урбанюк (Україна); заявник і патентовласник Хмельницький нац. ун-т.–u200703370; Заяв. 28.03.2007; Оpubл.27.08.2007, Бюл. № 13. – 3 с.
18. Пат. на корисну модель 54071 України, МПК С02F 1/30. Вібраційний пристрій для біологічної активації води / Р. І. Сілін, А. І. Гордєєв, Р. С .Сілін, О.А. Гордєєв (Україна); заявник і патентовласник Хмельницький нац. ун-т. – u201005159; Заяв. 28.04.2010; Оpubл. 25.10.2010, Бюл. №20. – 4 с.