

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНОГО ПРИВОДУ МАШИНИ НА ТИСК ПУЛЬСУЮЧОГО СТРУМЕНЮ РІДИНИ З ОТВОРУ У ПОРШНІ

За останній період з'явився новий напрямок створення вібраційного обладнання для оброблення води кавітаційним процесом, який забезпечує надання воді нових властивостей та її знезараження [1,2]. Однак їм притаманні деякі недоліки – незначний час одноразового перебування рідини у стані виникнення кавітаційної зони. У Хмельницькому національному університеті створено ряд вібраційних машин для кавітаційного оброблення води з метою знезаражування та зміни її властивостей [3-6], які побудовані на основі багаторазового впливу на рідину у кавітаційній зоні. Тому проектування та розроблення нових конструкцій технологічного вібраційного обладнання і зумовлюють актуальність поставленого завдання.

У камері пульсації вібраційної машині рис.1 проходять наступні процеси: при ході поршня вгору в камері пульсації тиск знижується нижче атмосферного і через отвір вода втягується в камеру пульсації зі швидкістю, яка залежить від частоти коливання поршня. При вході в отвір лінії струму води викривляються, і виникає звуження потоку. Одночасно з ростом швидкості протікання через отвір (частоти коливань) виникає кавітаційна каверна в отворі, заповнена бульбашками з газом і частково паром, які зриваючись з кавітаційної порожнини та потрапляють в камеру пульсації. Однак, при значних швидкостях (частотах коливань) втягування рідини в камеру пульсації, відбувається лавинний зріст обсягу газово-парових бульбашок в отворі поршня, внаслідок чого в камеру пульсації потрапляє менший об'єм води.

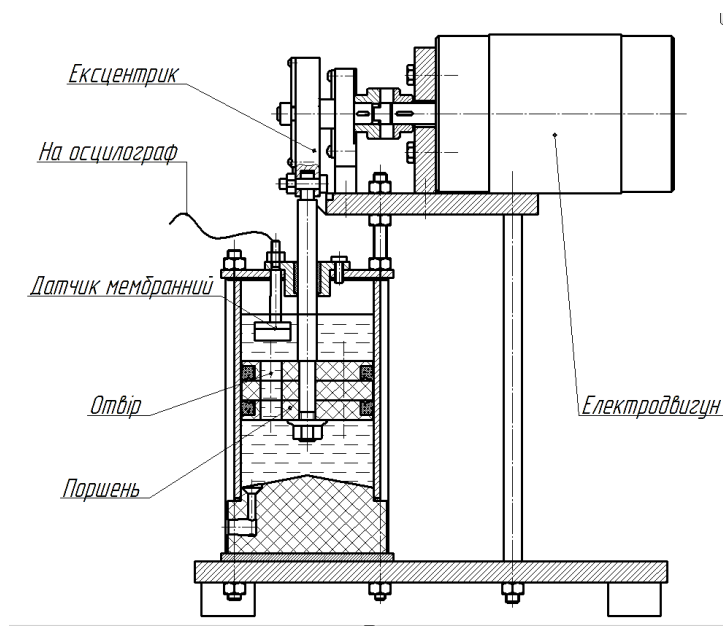


Рис.1. Схема експериментальної установки для проведення вимірювань миттєвого тиску струменя з отвору у поршні

При ході поршня вниз в камері пульсації тиск зростає вище атмосферного і газово-парові бульбашки сплескуються, зменшуючи обсяг рідини, що проходить через отвір, що призводить до зниження циркуляції об'ємів рідини у камері пульсації та зниження продуктивності обробки рідини.

Чим більше тиск стиснення рідини в камері пульсації, тим інтенсивніше процес сплескування бульбашок і відповідно процес дезінфекції. Тому, пошук оптимальних режимів роботи приводу для процесу знезараження проводився за критерієм зміни максимального тиску в камері пульсації за цикл при отриманні максимального тиску пульсуючого струменя рідини на виході з отвору у поршні на установці рис.1 з встановленим мембранним датчиком на зрізі отвору.

Для вимірювання миттєвого значення гідродинамічного тиску в камері пульсації застосовано мембранний тензодатчик тиску і USB осцилограф VM8020, який з'єднаний з персональним комп'ютером через порт USB і обслуговується програмним продуктом «DiSco».

З метою визначення швидкості процесу перемішування рідини у ємкості вібраційної машини було досліджено зміну величину максимального тиску на

початковій ділянці струменя від частоти коливань, який за один цикл коливання, витікає з камери пульсації крізь отвір у поршні. Чим більше максимальний тиск струменя тим більше швидкість перемішування води, що оброблюється у ємкості вібраційної машини.

Дослідження проводились наступним чином. Вмикався привод вібраційної машини та виводився на певну частоту – проводилась фіксація осцилограми. Потім проводилась її обробка згідно тарувального графіка. Дослідження проводились при наступних постійних та змінних параметрах: діаметр камери пульсації 100 мм; діаметр отвору змінювався: 6,10 мм; амплітуда коливань змінювалася: 1,2,3 мм; частота коливань змінювалася: 5,10,15,20,25 Гц.

Провівши експериментальні дослідження по визначенню максимального тиску за період коливання на виході з отвору у поршні було отримано осцилограми, які оброблені за графіком тарування та побудовані залежності максимального тиску за період коливання від конструктивних параметрів та режимів роботи вібраційного приводу.

Графіки на рис.2 демонструють зміну величини максимального тиску пульсуючого струменю з отвору на початковій ділянці при зміні діаметру отвору від частоти коливань приводу.

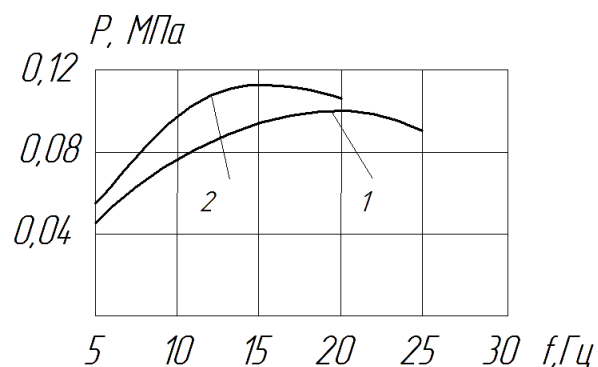


Рис.2 – Графічні залежності величини максимального тиску пульсуючого струменю з отвору від діаметру при зміні частоти при ході поршня униз:

1 – $d_o = 0,006$ м; 2 – $d_o = 0,01$ м; при амплітуді коливань приводу

$A = 0,002$ м; $D_n = 0,1$ м;

З рис.2 встановлено, що при діаметрі отвору $d_o = 0,01\text{м}$ тиск струменя збільшується, виток рідини збільшується але максимум досягається на менших частотах коливань (14-16 Гц). Зменшення частоти коливань приводу машини веде до зменшення кількості кавітаційних процесів за одиницю часу, що призводить до зменшення продуктивності знезаражування. Тому при виборі діаметра отвору необхідно рекомендувати його наступні розміри, які лежать у межах від 0,006м до 0,008 м.

Рис 3. демонструє зміну величини максимального тиску пульсуючого струменю з отвору на початковій ділянці при зміні амплітуди від частоти коливань приводу. З графіків рис.3 встановлено, що при діаметрі отвору $d_o = 0,01\text{м}$ зміна амплітуди коливань призводить до зміни величини максимального тиску пульсуючого струменя наступним чином: при амплітуді коливань $A = 0,001\text{ мм}$ величина максимального тиску пульсуючого струменя значно менша чим при амплітудах $A = 0,002\text{ мм}$, $A = 0,003\text{ мм}$. При коливаннях приводу з амплітудою $A = 0,003\text{ мм}$ величина максимального тиску пульсуючого струменя зміщується у сторону менших частот коливання приводу (10-12 Гц), що веде до зменшення продуктивності роботи вібраційної машини та зростанню динамічних навантажень на вузли машини.

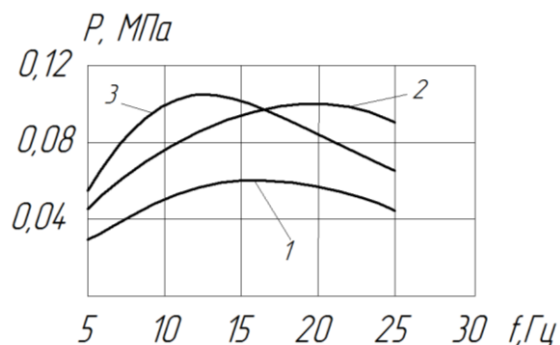


Рис.3 – Графік залежності величини максимального тиску пульсуючого струменю з отвору від амплітуди при зміні частоти при ході поршня униз:

1 – $A = 0,001\text{м}$; 2 – $A = 0,002\text{м}$; 3 – $A = 0,003\text{м}$; $D_n = 0,1\text{ м}$; $d_o = 0,006\text{ м}$

Тому при виборі амплітуди коливань приводу рекомендовано вибирати амплітуду коливань вібраційного приводу $A = 0,002\text{м}$.

Висновки

При проектуванні вібраційної машини для знезаражування водного середовища рекомендовано вибирати наступні конструктивні параметри та режими роботи приводу: діаметр камери пульсації 0,1 м; діаметр отвору у поршні у межах від 0,006м до 0,008 м; амплітуду коливань приводу 0,002м; частоту коливань 22Гц.

Список використаних джерел:

1. Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних хімічних і біологічних процесах : монографія / Т.М. Вітенько. – Тернопіль, 2009. – 224 с.
2. Низькочастотні віброрезонансні кавітатори: монографія / Л.І. Шевчук, І.С. Афтаназів, О.І. Строган, В.Л. Старчевський. – Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2013. – 173 с.
3. 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.
4. Патент на корисну модель. №94358 України, МПК В01F 5/00. Вібраційний кавітатор поршневого типа для активації рідини та її знезаражування / Сілін Р.С., Гордєєв А.І., Копицяк О.А. (Україна); заявник і патентовласник Хмельницький нац. ун-т. – и 2014 05860; Заяв. 30.05.2014. Опубл.10.11.2014. Бюл. № 21.
5. Пат. на корисну модель №126495 України. МПК C02F 1/00, Вібраційна машина для знезаражування водних середовищ / А.І. Гордєєв, Н.О. Костюк; – № и 2018 10090; заяв. 02.01.2018; опубл. 25.08.2018, Бюл. №12.
6. Вібраційна машина для знезаражування води та її очистки / А. І. Гордєєв, А. Л. Ганзюк, О. В. Кравчук, В. В. Кравчук, В. П. Нездоровін, Н. О. Костюк : пат. на корисну модель 140291 Україна : МПК C02F 9/00, №и 2019 08456: заяв. 17.07.2019: опубл. 10.02.2020, Бюл. №3.