

С.М. Срібнюк, к.т.н., професор, Л.Л. Зубричева, ст. викладач

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

В.В. Медведовський

заступник голови міської Ради м. Кременчук

АНАЛІЗ УМОВ ВИНИКНЕННЯ КАВІТАЦІЙНОЇ ЕРОЗІЇ

У статті розглянуто особливості явища кавітації, наведено новий погляд на процес кавітаційного руйнування металів і сформовано пропозиції безкавітаційної роботи гідравлічних машин. Викладено міркування стосовно вибору матеріалів для елементів гідромашин, стійких до кавітаційної ерозії.

Ключові слова: кавітація, кавітаційна ерозія, руйнування поверхні, потік, кавітаційна бульбашка, кавітаційний запас, допустимий кавітаційний запас, гідравлічні машини.

Постановка проблеми. Насосні установки і насосні станції розповсюджені в різних галузях народного господарства. Одним з основних завдань комунального господарства є підвищення техніко-економічної ефективності конструкцій гідравлічних машин та їх довговічності в умовах експлуатації. Особливо потрібно, з інженерної точки зору, знати і вміти забезпечувати нормальні умови безкавітаційної роботи нагнітачів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Явище кавітації досліджується в роботах Савченка Г.Ю. [6], Срібнюка С.М. [1, 2, 3, 12]. Науковці з Інституту гідромеханіки НАНУ під керівництвом академіка Савченка Ю. М. детально вивчають явище суперкавітації [4, 5]. Публікації показують, що над цією проблемою ретельно працюють як вітчизняні, так і закордонні фахівці.

Виділення не розв'язаних раніше частин проблеми. На загальний стан комунального господарства й екологічні обставини в місті або районі суттєво впливає надійність і якість роботи систем водопостачання та водовідведення. Спільним для цих систем є наявність і нормальна працездатність гідравлічних і аеродинамічних машин, призначених для перекачування робочого водяного чи повітряного середовища. Технічні показники насосних станцій здебільшого визначають надійність і економічну ефективність подачі і відведення води. При проектуванні й реконструюванні подавально-розподільчих систем водопостачання і водовідведення необхідно враховувати: узагальнення явища кавітації, умови запобігання кавітаційним режимам, забезпечення нормальної (безаварійної) експлуатації гідравлічних машин. Ці питання особливо важливі сьогодні, коли дуже застаріли мережі й водопостачання, й водовідведення.

Мета роботи. На основі проведеного аналізу умов виникнення кавітації розглянути причини появи кавітаційної ерозії елементів гідравлічних машин, фізичну сутність цього явища та заходи щодо попередження кавітаційних режимів і руйнування металів.

Виклад основного матеріалу. Термін «кавітація» походить від латинського слова *cavitas*, що тлумачиться як порожнеча. Кавітація являє собою процес порушення суцільності потоку рідини. Це явище виникає там, де місцевий тиск знижується до певного критичного значення, меншого від тиску насичених парів перекачуваної рідини (P_m) при даній температурі. Процес кавітації супроводжується появою великої кількості бульбашок, наповнених парами рідини, а також газами, зокрема повітрям, що знаходиться в рідині у розчиненому стані. Причому це явище залежить від ступеня його розвитку. Звичайно розрізняють початкову, часткову, що розвивається, розвинуту кавітацію та суперкавітацію. Кожна стадія протікає по-різному і має свої особливості. На практиці появу кавітації при роботі насоса можна виявити за характерним потрескуваням в зоні входу потоку на робоче колесо, шумом і вібрацією насоса.

Початкова кавітація відповідає умовам, за яких з'являються перші ознаки: слабе поширення шуму (потріскування). На цій стадії виникає невелика кількість кавітаційних бульбашок, що утворюють несталу кавітацію. Оскільки поодинокі бульбашки переносяться потоком в оточуюче середовище без схлопування, то робочі характеристики нагнітача $H=f(Q)$, $N=f(Q)$ і $\eta=f(Q)$ майже не змінюються.

Частково розвинута кавітація характеризується наявністю кавітаційної зони, де скупчується безліч кавітаційних бульбашок. Потік у цій зоні, завдяки стисненню бульбашками, прискорюється, з'являються другорядні рухи рідини. При цьому під впливом захаращеності потоку бульбашками погіршуються робочі характеристики насоса. Потік набуває затемнення малими бульбашками і навіть приймає блакитне забарвлення, що вказує на пересичення потоку киснем. Доведено, що в цьому місці під дією тиску і високих температур [8] виникає дисоціація води з виділенням атомарного та молекулярного кисню, які й надають потоку блакитне забарвлення.

Розвинута кавітація нерозривно пов'язана з безперервним утворенням хмари кавітаційних бульбашок, котрі блокують потік, що веде до неминучого подальшого погіршення робочих характеристик насоса і зрештою до зриву його роботи. Робота нагнітача нагадує режим «захлинання», тобто можливі періодичні прориви та закупорювання подачі рідини.

У випадках, коли безперервно виникає велика кількість кавітаційних бульбашок, вони об'єднуються, утворюючи пароповітряну, а то і суцільну порожнину, що охоплює все тіло, розвинута кавітація переходить у *суперкавітацію*. Згідно з дослідженнями, гідравлічний опір тіла, що рухається в такій порожнині, в 15 разів менший за той, що має місце при рухові такого тіла в суцільній рідині [5]. Такий факт розкриває широкі перспективи для розвитку швидкісної морської техніки (судна на підводних крилах, торпеди, підводні човни тощо). Результатом таких досліджень є поява так званої штучної суперкавітації, коли на поверхню тіла за кавітатором подається під тиском повітря. Позитивним є при цьому те, що кавітаційна ерозія металу при такому суперкавітаційному обтіканні деталей (рухомого тіла або лопатей робочого колеса) відсутня, а заощаджена енергія використовується на збільшення швидкості руху тіла.

Стосовно нагнітачів, то їх робота на таких режимах може бути також доцільною за умови зменшення ваго-габаритних характеристик агрегату. Указаний режим роботи насоса досягається за рахунок швидкості обертання робочого колеса до декількох сотень тисяч обертів.

У системах водопостачання і водовідведення використовуються насоси переважно нормальної чи тихохідної групи, й експлуатуються вони на різних відстанях відносно рівня води в резервуарі, з якого вода забирається, й при цьому можливе зменшення тиску на вході в насос. Саме виникнення часткової з переходом до розвинутої кавітації призводить до погіршення робочих характеристик насоса, зниження ефективності й зрештою до зриву його роботи. Режим роботи не сталий і не керований. Коефіцієнт корисної дії нагнітача знижується на 5 – 10%, а його подача зменшується на 15 – 20%. А найголовніше – систематичне схлопування бульбашок призводить до місцевого руйнування деталей насоса (лопаток, втулки, всмоктувального патрубку тощо) внаслідок кавітаційної ерозії.

Вплив затиснення кавітаційними бульбашками потоку на робочі характеристики нагнітача показано на рисунку 1. Проте для аналізу параметрів насоса потрібно розкрити поняття кавітаційного запасу (Δh), який за даними роботи [1], характеризується *перевищенням питомої енергії перекачувальної рідини над енергією насичених парів цієї рідини*,

$$\Delta h = H_p - H_{ep} = \frac{D_\delta}{\rho_g} + \frac{v^2}{2g} - \frac{D_{ri}}{\rho_g} = \frac{D_\delta - D_{ri}}{\rho_g} + \frac{v^2}{2g}, \quad (1)$$

де P_p і P_{in} – тиск рідини і насичених парів рідини; ρ – густина рідини, v – швидкість руху потоку, g – прискорення сили земного тяжіння.

Значення Δh різне для різних типів й конструкцій насоса, для кожного з яких експериментально встановлюють мінімальне значення критичного кавітаційного запасу $\Delta h_{кр}$. *Критичний кавітаційний запас – це такий запас, що відповідає початковій стадії*

процесу кавітації [1]. Він визначається шляхом проведення спеціальних випробувань насоса, в результаті яких отримують залежності зміни головних параметрів (H , N і Q – напору, потужності й подачі) від кавітаційного запасу при сталій швидкості обертання робочого колеса (рис. 1).

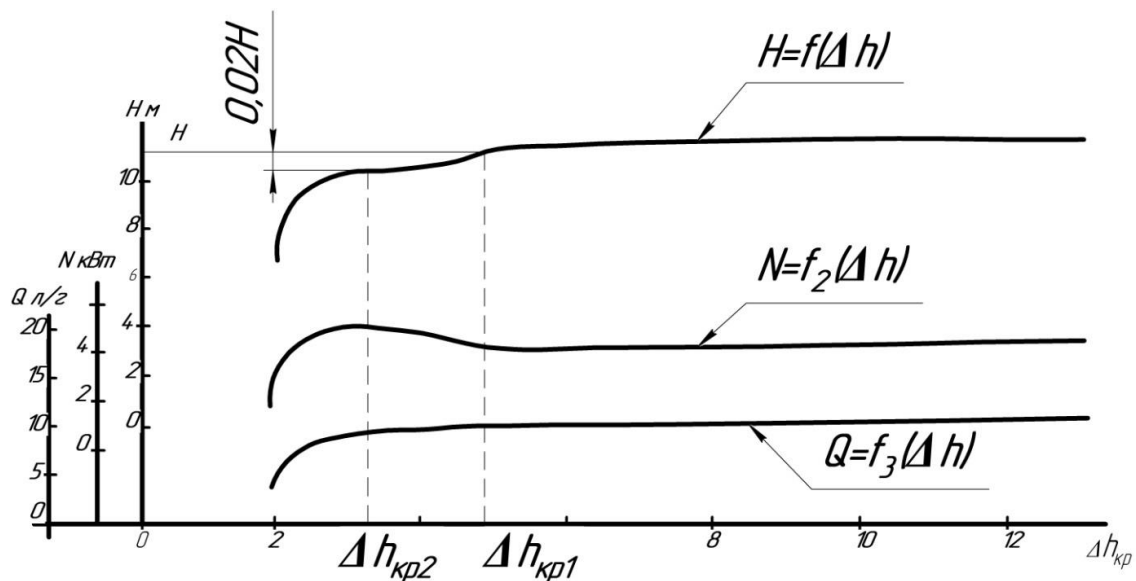


Рисунок 1 – Кавітаційні характеристики відцентрового насоса

Як видно із графіків, при достатніх енергетичних перевищеннях рідини над енергією її насичених парів не проявляються будь-які ознаки кавітації та головні параметри насоса залишаються незмінними. Але при порогових значеннях Δh , коли питома енергія потоку наближається до енергії насичених парів перекачувальної рідини, починається підвищення рівня вібрації чи шуму на частотах $10^3 \div 2 \cdot 10^4$ Гц, що спричиняється появою всередині рідини малих газових бульбашок і схлопуванням їх у зоні підвищених тисків [10]. На графіку з'являються зменшення напору (див. рис. 1, крива $H=f_1(\Delta h)$). Цей поріг позначено першим критичним кавітаційним запасом $\Delta h_{кр1}$. Такий режим деякий час залишається сталим при подальшому зменшенні кавітаційного запасу. Потрібно сказати, що при цьому за рахунок стиснення потоку бульбашками підвищується потужність на проштовхування рідини (див. рис.1, крива $N=f_2(\Delta h)$). Проте при подальшому зменшенні Δh збільшується кількість кавітаційних бульбашок, і це призводить до різкого (зривного) режиму роботи насоса. Зменшення напору насоса на 2 % порівняно з безкавітаційним режимом роботи практиками визнано як другий критичний кавітаційний запас $\Delta h_{кр2}$ [11].

Оскільки у багатьох тихохідних насосів перший критичний кавітаційний поріг проходить майже непомітно, а на підході до другого виникає значна кількість кавітаційних бульбашок і як наслідок – значне кавітаційне руйнування, то обмежуються визначенням другого критичного запасу. На практиці користуються допустимим кавітаційним запасом $\Delta h_{дон}$, який за значенням дещо перевищує критичний. Ця величина встановлюється так, щоб насос працював із заданими параметрами (без суттєвого зниження напору і ККД, або була обмежена допустимими межами швидкості кавітаційна ерозія),

$$\Delta h_{дон} = (1,2 \div 1,3)\Delta h_{кр2}. \quad (2)$$

Згідно з даними роботи [7], С.С. Руднев запропонував формулу для визначення критичного кавітаційного запасу у вигляді

$$\Delta h_{кр} = 10 \left(\frac{\sqrt[n]{Q}}{C} \right)^{4/3}, \quad (3)$$

де C – коефіцієнт, який залежить від конструктивних особливостей насоса; n – частота обертання робочого колеса, об/хв.

Значення C для нормальних насосів приймають у межах $800 \div 1000$, а для насосів із підвищеними кавітаційними властивостями – $1300 \div 3000$. Для визначення оптимальної геодезичної висоти всмоктування насоса за формулою (4) в каталогах насосів поряд із робочими характеристиками наведено характеристику допустимого кавітаційного запасу ($\Delta h_{\text{don}} = f(Q)$)

$$H_{rb} = \frac{D_a - D_{tr}}{\rho_g} \Delta h_{\text{don}} - \sum h_{wbc}, \quad (4)$$

де $\frac{D_a}{\rho_g}$ і $\frac{D_{tr}}{\rho_g}$ – напори атмосферного тиску і насичених парів відповідно (значення цих напорів вибираються за довідниками або з технічної літератури, зокрема з роботи [1]).

Значення Δh_{don} встановлюється для відносного режиму роботи насоса згідно з робочою точкою; $\sum h_{wbc}$ – сумарні втрати напору на всмоктувальному трубопроводі при подачі відповідно до робочої точки.

Отже, аналіз критичного кавітаційного режиму показав, що Δh_{cr} мало залежить від виду і температури рідини, а лише від швидкості руху рідини у робочому колесі.

З практичної точки зору, для підвищення експлуатаційних якостей деталей гідравлічних машин, що пов'язані з великими швидкостями обтікання водним потоком, має значення дослідження процесу схлопування кавітаційних бульбашок. Оскільки в реальній рідині завжди наявний розчинений газ або повітря, то при рухові кавітаційної бульбашки, коли вона попадає в область тиску $P < P_{\text{нт}}$, всередину такого зародка дифундує розчинений газ і бульбашка втрачає стійкість, здобуваючи необмежену здатність збільшення об'єму [5]. Після переходу таких бульбашок у зону підвищеного тиску й вичерпання кінетичної енергії рідини, що розширюється, ріст бульбашки припиняється і вона починає скорочуватися. Якщо бульбашка містить досить багато газу, то після досягнення мінімального об'єму вона знову активізується й робить декілька циклів згасаючих коливань [2], а якщо газу мало, то бульбашка захоплюється повністю в першому періоді «життя». Таким чином поблизу обтічного тіла (наприклад, біля лопатки робочого колеса насоса) створюється досить чітко обмежена кавітаційна зона, заповнена бульбашками, що рухаються з потоком рідини. Таке багаторазове схлопування бульбашок поблизу обтічної поверхні призводить до руйнування (до так званої кавітаційної ерозії) цієї поверхні (лопатки гідротурбіни, робочого колеса насоса, гребного гвинта корабля й інших гідротехнічних пристроїв).

Аналіз учених показав, що бульбашки, рухаючись із потоком, попадають у зону підвищеного тиску, більшого за тиск насичених парів. У потоці рідини на бульбашку, відносно віддалену від оптичної поверхні, діють рівномірно ззовні тиски рідини і тиски поверхневого натягу. Таким чином, тиск у середині бульбашки визначається за формулою :

$$D_{\delta} = D_p + \frac{2\delta}{R_b}, \quad (5)$$

де D_{δ} – тиск рідини; $\frac{2\delta}{R_b}$ – тиск поверхневого натягу; δ – коефіцієнт

поверхневого натягу, R_b – радіус кавітаційної бульбашки.

Тиск поверхневого натягу в основному залежить від радіуса бульбашки і чим він менший, тим більше значення цієї складової. Досліди [7] показали, що тиск усередині порожнини може досягати значень, навіть більших за 10^3 Мн/м². Але під час руху бульбашки біля поверхні нижня частина затискного навантаження за рахунок пристінної турбулентності, викликаної шорсткістю цієї поверхні, розмивається, пари газу і пари конденсуються і бульбашка захоплюється. Причому фахівці з Інституту гідромеханіки НАНУ [4] вважають, що схлопування відбувається миттєво і за так званим кумулятивним ефектом, коли утворюється сумарна рівнодійна, яка направлена за нормаллю до поверхні (див. рис. 2). Схлопування супроводжується адіабатичним

нагріванням газу всередині до температури порядку 10^4 °C, чим викликається світіння, навіть іскроутворення та люмінесценція [8].

Надвисокі тиски і нагрівання до високих температур рідини біля пристінної зони призводить до дисоціації води з виділенням атомарного і молекулярного кисню, котрий, як відомо, є дуже активним окиснювачем металів. Відомо, що молекулярний кисень вступає у хімічну реакцію з будь-яким матеріалом і при цьому утворюються різні продукти. Одні з них покривають поверхню непроникною плівкою і подальша реакція припиняється.

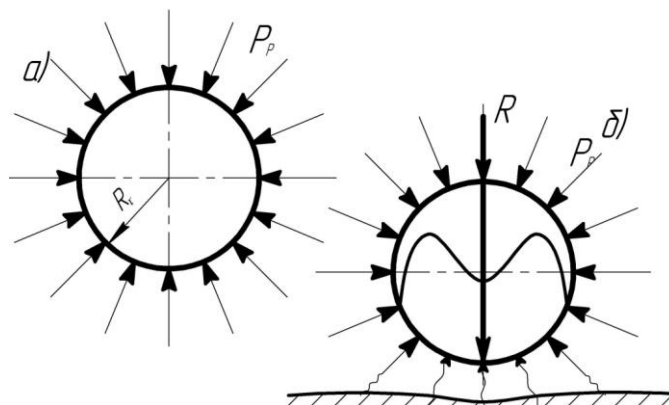
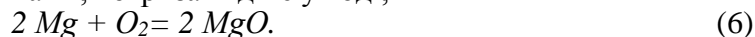


Рисунок 2 – Еволюція схлопування кавітаційної бульбашки:
 а) затискне навантаження на бульбашку в необмеженій рідині,
 б) навантаження на бульбашку при підході до обтічної поверхні.

Так, реакція з магнієм проходить повільно з утворенням гідроксиду, малорозчинного у воді. Покриваючи поверхню, він утруднює подальший перебіг реакції, але такі сплави мало стійкі до корозії у вологому середовищі, особливо в морській воді. Крім того, продуктом хімічної реакції є крихкий білий порошок, який легко стирається піщаними домішками, котрі завжди є у воді,



Продуктом реакції кисню з кальцієм є стійка речовина – окисел кальцію. Вироби з кераміки, скоріше металокераміки, могли б бути стійкими до кавітаційної ерозії



Окисел алюмінію має дуже високу температуру плавлення, і тому алюміній може бути використаний для виготовлення деталей гідромашин та рушіїв для надання їм більшої міцності

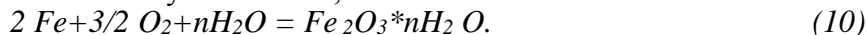


Аналогічні надії пов'язують з окислом міді



У сухому повітрі утворюється тонка плівка оксиду, яка слугує захистом від окиснення. Але за наявності вологого повітря мідні деталі покриваються зеленим крихким нальотом. Таким чином, деталі для компресора є стійкими до кавітації, але для гідромашин мало придатні.

У воді залізо, сталь і чавун кородують. При реакції з киснем утворюються крихкі окисли, які легко стираються твердими домішками, котрі завжди є у воді, оголюючи при цьому поверхню для нового етапу окиснення,



Фахівці рекомендують використовувати срібло, яке зовсім не кородує і має незаражуючі властивості, але це економічно не вигідно.

Отже, систематичне схлопування кавітаційних бульбашок у супроводі великих тисків і температур сприяє дисоціації води з виділенням атомарного і молекулярного кисню. Нагрівання поверхні сприяє активізації хімічної реакції та призводить до утворення окислів у вигляді крихких продуктів, котрі легко стираються твердими домішками, і поверхні вказаних деталей легко руйнуються.

Захист від кавітаційного руйнування деталей рушіїв та гідравлічних машин потрібно вести у двох напрямках:

1) забезпечення таких умов експлуатації гідравлічних машин, при яких тиск у потоці, що обтікає тіло (профіль), був би більшим за критичний. Тобто був більшим за тиск насичених парів перекачуваної рідини. Для цього потрібно:

а) встановлювати насос на розрахунковій висоті всмоктування відносно рівня рідини в резервуарі, з якого вона забирається;

б) всмоктувальна лінія повинна бути, якщо можна, не захарашена місцевими опорами (поворотами, засувками, клапанами, переходами), котрі збільшують гідравлічні втрати напору і таким чином зменшують енергію потоку;

в) потрібно занурювати всмоктувальну воронку під рівень рідини на таку глибину, щоб повітряна воронка не могла досягти всмоктувального отвору;

г) подачу рідини до насоса організувати так, щоб на всмоктувальній лінії уникнути утворення повітряних мішків, тобто щоб горизонтальна лінія не мала перегинів, перехід на цій лінії передбачати несиметричним із горизонтальною верхньою утворюючою.

Вищеперелічені умови направлені на запобігання виникненню кавітації.

2) вибір матеріалу для виготовлення деталей таких машин, як насоси, гідротурбіни, рушійні гвинти, а також такі елементи, як клапани і вентилі, котрі часто підлягають кавітаційній ерозії.

Із цього приводу доцільно провести аналіз стійкості протикавітаційного руйнування низки конструкційних матеріалів. Наразі точно не відомі умови, за яких виникає значна кавітаційна ерозія, але безперечно вона посилюється зі збільшенням швидкості рідини відносно аналізованих вузлів машин і механізмів.

На рис. 3 показана швидкість руйнування різних матеріалів залежно від терміну випробувань зразків. В якійсь мірі наведені залежності зорієнтують фахівця на вибір необхідного матеріалу для елемента машини залежно від експлуатаційних вимог.

Більшість матеріалів, які підлягають дії кавітації, володіють початковим (інкубаційним) періодом, протягом якого ерозія відсутня (рис. 3, коридор позначено буквою А). За інкубаційним надходить період швидкого здійснення ерозійних руйнувань (див. рис. 3, коридор під буквою Б). Потім наступає відносна стала швидкість руйнування (рис. 3, зона В).

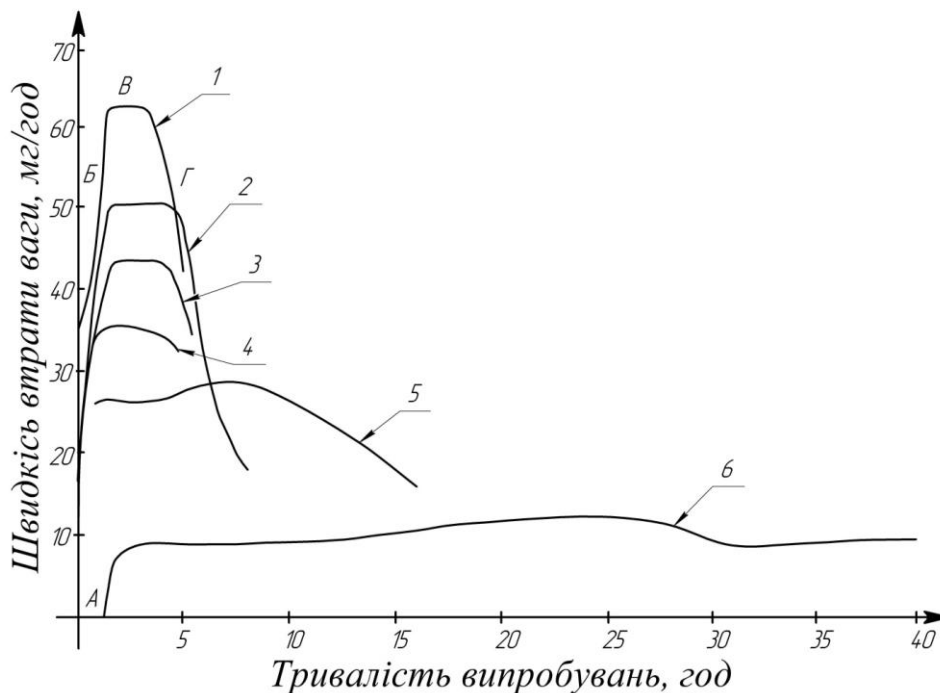


Рисунок 3 – Швидкість ерозії для різних конструкційних матеріалів:

1 – латунь; 2 – низьковуглецева сталь; 3 – високоміцна латунь; 4 – гарматний метал;
5 – монель-метал; 6 – нержавіюча сталь

Зрештою, коли поверхня вже дуже зруйнована й покрита кавернами, швидкість ерозії зменшується (див. рис. 3, зона Г).

На практиці більше зацікавлення являє собою інкубаційний період і період найбільшої швидкості руйнування матеріалу. Якщо тривалість інкубаційного періоду буде перевищувати термін експлуатації елемента машини, то небезпеки ерозії цього елемента не буде. На жаль, до сьогодні фахівці не можуть завбачити довговічність інкубаційного періоду для конкретних елементів машин. Проте, визначаючи швидкість ерозії різних матеріалів, можна оцінити відносний опір цих матеріалів руйнуванню. Із наведеного рисунка 3 видно, що найбільш придатним для елементів гідравлічних машин є монель-метал (латунь із великим умістом (до 30 %) міді з додаванням алюмінію) та легована сталь.

Сьогодні з'явилася низка неметалевих матеріалів, які показали суттєву стійкість проти кавітаційної ерозії: шлакоситали, матеріали на основі полімерних домішок, конструкційні пластмаси. Особливе місце серед неметалевих матеріалів належить виробам із поліетилену, котрі, крім корозійної стійкості, мають високу стійкість до дії різних агресивних середовищ (кислот та розчинів). Цей матеріал стійкий також до високих температур. Але великим його недоліком є полярний характер поверхні, що утруднює використання в протикорозійній техніці.

Висновки. Отже, проблема кавітації навіть за сучасних умов актуальна і вимагає пильної уваги. Тривала робота гідравлічних машин за наявності хоча б незначних кавітаційних явищ цілком недопустима. Явище кавітації призводить до кавітаційної ерозії. Руйнування поверхні, що обмивається потоком рідини, відбувається під дією механо-хімічних процесів, пов'язаних із великими тисками і високими температурами.

Основним способом боротьби з передчасним зношенням протічної частини гідравлічних машин є попередження виникнення кавітаційного режиму роботи. Для цього створюють відповідні умови роботи гідравлічних машин, за яких енергія потоку, що обтікає елементи гідравлічних машин, перевищує енергію насичених парів рідини.

До кавітаційного руйнування найбільш схильні чавун і вуглецева сталь. Для підвищення стійкості деталей гідравлічних машин використовують захисні покриття основного металу або неметалеві матеріали.

Наведені рекомендації з відповідними корективами, що враховують індивідуальні особливості насосних станцій, бажано брати до уваги при проектуванні та реконструкції подавально-розподільних систем водопостачання і водовідведення.

Література

1. Срібнюк, С.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини. Основи теорії і застосування: навчальний посібник / С.М. Срібнюк. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 328 с.

2. Сребнюк, С.М. К учету влияния объемного газосодержания на динамику пробного пузырька. / С.М. Сребнюк, В.С. Сырый – // Математические методы исследования гидродинамических течений. – К.: Наук. думка, 1978. – С.129 – 133.

3. Срібнюк, С.М. Зв'язок вакууму з виникненням явища кавітації / С.М. Срібнюк, Л.Л. Зубричева, // Науковий вісник будівництва: зб. наук. пр. / Акад. буд-цтва України. – Х. : ХДГУБА, 2010 – вип. 59. – С. 293 – 297.

4. Савченко, Ю.Н. Механизм взаимодействия каверны с пузырьковым потоком / Ю.Н. Савченко, В.Н. Семенов, С.Б. Осипенко // Докл. АН Украины: – 1985. – №9. – С. 39 – 42.

5. Савченко, Ю.Н. Нестационарные процессы при суперкавитационном движении тел / Ю.Н. Савченко, В.Н. Семенов, С.М. Путилин // Прикладна гідромеханіка. – 1999. – Т.1, №1. – С.62 – 80.

6. Савченко, Г.Ю. Гідродинамічні характеристики пристінних суперкавітаційних течій. автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 01.02.05 – механіка рідин, газу та плазми / Г.Ю. Савченко; Інститут гідромеханіки НАН України. – К., 2008. – 21 с.

7. Пирсол, И. Кавитация / И. Пирсол. – М: Мир, 1975. – 89 с.

8. Перник, А.Д. Проблемы кавитации / А.Д. Перник. – 2 изд. – Л.: Техника, 1966. – 156 с.
9. Карелин, В.Я. Кавитационные явления в центробежных осевых насосах / В.Я. Карелин. – М.: Машиностроение, 1975. – 269 с.
10. Покровский, Б.В. Кавитационный шум и вибрация центробежных насосов / Б.В. Покровский // Труды ВНИИ Гидромаш – М., 1969. – Вып. 39. – С. 50 – 72.
11. Яроменко, О.В. Испытания насосов: справочное пособие / О.В. Яроменко. – М.: Машиностроение, 1976. – 225 с.
12. Срібнюк, С. М. Один із підходів до кавітаційного руйнування металів / С.М. Срібнюк, Л.Л. Зубричева // Тези 63-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. 10 – 19 травня. – Полтава: ПолтНТУ; 2011. – С. 201 – 202.

Надійшла до редакції 29.08. 2011

© С.М. Срібнюк, Л.Л. Зубричева, В.В. Медведовський

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕННЯ КАВИТАЦИОННОЙ ЭРОЗИИ

В статье рассмотрены особенности явления кавитации, представлен новый взгляд на процесс кавитационного разрушения металлов и сформулированы предложения бескавитационной работы гидравлических машин. Изложены некоторые соображения касательно выбора материалов для элементов гидравлических машин, стойких к кавитационной эрозии.

Ключевые слова: кавитация, кавитационная эрозия, разрушение поверхности, поток, кавитационный пузырь, кавитационный запас, допустимый кавитационный запас, гидравлические машины.

ANALYSIS OF THE CONDITIONS APPEARANCE OF CAVITATION EROSION

The article deals with features of the phenomenon of cavitations presented a new perspective on the process of cavitations damage of metals and formed propositions of without cavitations hydraulic machines work. There are some considerations regarding the selection of hydraulic machines materials resistant to cavitations erosion.

Key words: cavity, cavitations erosion, destruction of surface, flow, cavitations bubble, cavitations margin, admissible cavitations margin, hydraulic machines.