

*А.М. Домінік, канд. техн. наук, Д.В. Руденко, канд. техн. наук, Т.М. Процишин,
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності);
С.А. Матвієнко (Миколаївський НДЕКЦ МВС України)*

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ НАГРІВУ ВОДИ ПОЖЕЖНОЮ ПОМПОЮ У КОМПЛЕКСІ З КАВІТАТОРОМ

Визначається можливість нагріву води пожежною помпою із використанням явища кавітації. Наводяться теоретичні та експериментальні аргументи стосовно можливості здійснення цього в найкоротші терміни із мінімальними затратами. Акцентується увага на тому, що протипожежна техніка за своїми тактико-технічними можливостями не може підготувати воду для проведення санітарної обробки постраждалих, а швидкість проведення комплексу зазначених робіт дають змогу зберегти життя постраждалим.

Ключові слова: санітарна обробка, деконтамінація, нагрів води, кавітація, сопло Лаваля.

А.М. Доминик., Д.В. Руденко, Т.М. Процишин, С.А. Матвиенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ НАГРЕВА ВОДЫ ПОЖАРНЫМ НАСОСОМ В КОМПЛЕКСЕ С КАВИТАТОРОМ

Определяется возможность нагрева воды пожарной помпой с использованием явления кавитации. Приводятся теоретические и экспериментальные аргументы относительно возможности осуществления этого в кратчайшие сроки с минимальными затратами. Акцентируется внимание на том, что противопожарная техника по своим тактико-техническим возможностям не может подготовить воду для проведения санитарной обработки людей пострадавших, а скорость проведения комплекса указанных работ позволит сохранить жизнь пострадавшим.

Ключевые слова: санитарная обработка, деконтаминация, нагрев воды, кавитация, сопло Лаваля.

A. Dominik., D. Rudenko., T. Protsyshyn, S. Matvienko

STUDY OF FIRE PUMPS COMPLETE WITH CAVITATORS WATER HEATING POSSIBILITIES

Determine the possibility of heating water using fire pump cavitation phenomenon. We present theoretical and experimental arguments in respect of the exercise in the shortest possible time with minimum cost. The attention that the fire equipment in their tactical and technical capabilities can not prepare for water sanitization of people affected and the speed of these works complex will save the lives of victims.

Key words: sanitization, decontamination, water heating, cavitation, Laval nozzle.

Мотивація. За останні декілька років неухильно зростає імовірність злочинів, пов'язаних з використанням небезпечних хімічних та радіоактивних речовин. Загроза радіаційній та хімічній безпеці нашої держави може виникнути не тільки в результаті застосування бойових хімічних чи радіоактивних речовин. Найбільша кількість хімічно небезпечних об'єктів (ХНО) зосереджена у східних областях України. Частина цих об'єктів перебуває на тимчасово окупованих територіях. В разі виникнення аварії на одному з таких підприємств може відбутися хімічне або радіоактивне зараження місцевості, техніки та особового складу. Одним з етапів ліквідації такої надзвичайної ситуації є спецобробка. Спеціальна обробка – це комплекс організаційно-технічних заходів, який складається з суворо регламентованих за місцем і часом дій. Основними видами спецобробки є: дегазація, дезактивація, дезінфекція та санітарна обробка [7].

Виклад основного матеріалу. Для ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з радіаційною, хімічною чи бактеріологічною (РХБ) небезпекою, на озброєнні підрозділів ОРС ЦЗ знаходяться машини для спеціальної обробки. До цієї групи спеціальної техніки належать машини дезінфекційно-душові установки та автомобільні розливні станції [4].

Повна санітарна обробка полягає у митті тіла теплою водою та милом з обов'язковою заміною білизни та одягу. Її необхідно проводити після виходу з зараженої зони, але не пізніше ніж через 5 годин після забруднення. За умови масового надходження контамінованих постраждалих додатково розгортаються деконтамінаційні системи. Ці системи можуть бути мобільними (намети), або стаціонарними. Рішення щодо застосування типу деконтамінаційної системи визначається територіальною доступністю, вартістю, кількістю контамінованих постраждалих та потребами в мобільності цієї системи [1].

Найпростішим методом є промивання поверхні слабким струменем води при одночасному застосуванні хірургічної губки. Вода має бути теплою, оскільки гаряча вода відкриває пори шкіри, що сприяє абсорбції радіоактивних речовин через шкіру, холодна вода - закриває пори, де можуть залишитись небезпечні речовини. Якщо миття простою водою з губкою неефективне, доцільно застосувати м'яке мило. Уражене місце рекомендується 3-4 хвилини обережно терти губкою з милом, а потім промивати водою протягом 2-3 хвилин; за необхідності - процес повторити. Ефективним засобом для проведення спеціальної обробки є також гідрокарбонат натрію (сода), розчинений у воді у співвідношенні 1:10 [1, 6].

Для повної санітарної обробки людей та дезінфекції (дезінсекції) їхнього одягу в польових умовах призначена дезінфекційно-душова установка, яка змонтована як правило на шасі повноприводних автомобілів. Проте застосування такої техніки потребує певного часу на її доставку до місця аварії [3].

Першими на ліквідацію надзвичайних ситуацій приїжджають рятувальники на протипожежній техніці. Протипожежна техніка за своїми тактико-технічними можливостями не може підготувати воду для проведення санітарної обробки постраждалих. Тому вдосконалення протипожежної техніки шляхом дообладнання її системою підігрівання води для спеціальної обробки населення у місці аварії є актуальною задачею, яка дасть змогу розширити можливості протипожежної техніки.

Аналіз різноманітних систем нагріву води, показав що деякі з них використовують ефект кавітації. Процес кавітації супроводжується появою великої кількості бульбашок, наповнених паром рідини, а також газами, зокрема повітрям, що знаходяться в рідині у розчиненому стані. Внаслідок кавітації рідина немов скипає, при цьому утворюється величезна кількість повітряних бульбашок (каверн). При сплющуванні каверн виділяється величезна енергія, завдяки чому і відбувається нагрівання рідини [2, 3].

Ця ж енергія викликає руйнування робочих коліс насосів при неправильній їх експлуатації. Для того щоб уникнути негативного впливу кавітації і підвищити ефективність нагріву рідини застосовується спеціальний вузол, званий кавітатором. Щоб виникла кавітація необхідно забезпечити велику швидкість руху рідини в кавітатор. Насос нагнітає рідину перед соплом, яке має значно менший перетин ніж підвідний трубопровід, що й забезпечує високу швидкість струменя води при його проходженні, застосовуючи при цьому загальновідомі закони фізики. Через різке розширення рідини на виході з сопла виникає явище кавітації. Також цьому сприяє тертя рідини об поверхню каналу сопла і завихрення води, що виникають при різкому «вириванні» струменя води з сопла [3]. Вода, яку нагнітає насос, циркулює по замкнутому контуру, багаторазово проходячи через кавітатор, в результаті чого і відбувається нагрівання. Отже кавітатор є, по суті, головним вузлом у цій гідродинамічній системі [5].

Відомі дві конструкції таких пристроїв: роторна і статична. У першому випадку для створення кавітації, як можна здогадатися з назви, служить ротор, у другому основним елементом пристрою є сопло.

Але оскільки нам недоцільно вносити зміни в конструкцію пожежного насоса, то для вдосконалення застосуємо другий тип виконання такого теплогенератора – статичний. Цей тип теплогенератора називається статичним умовно. Це пояснюється відсутністю обертових частин в його конструкції. Варіантів виконання камери розширення є безліч. Кожен з цих варіантів має різні вхідні і вихідні характеристики, тому щоб визначитися з конструкцією сопла, ми вирішили вдаватися до математичного моделювання проходження рідини через них. Це моделювання проводимо за допомогою програми SolidWorks Flow Simulation.

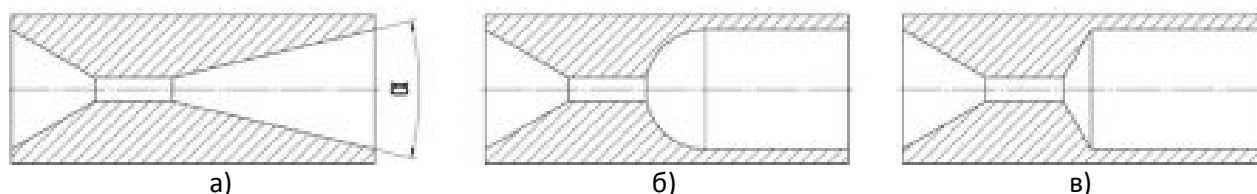


Рисунок 1 – Варіанти досліджуваних конструкцій сопла кавітатора

Епюри зміни тиску та температури, одержані за допомогою програми SolidWorks Flow Simulation, показують що перепад тиску у варіанті (рис. 1в) буде найбільшим з трьох варіантів. Швидкість руху потоку рідини приблизно однакова у всіх трьох випадках.

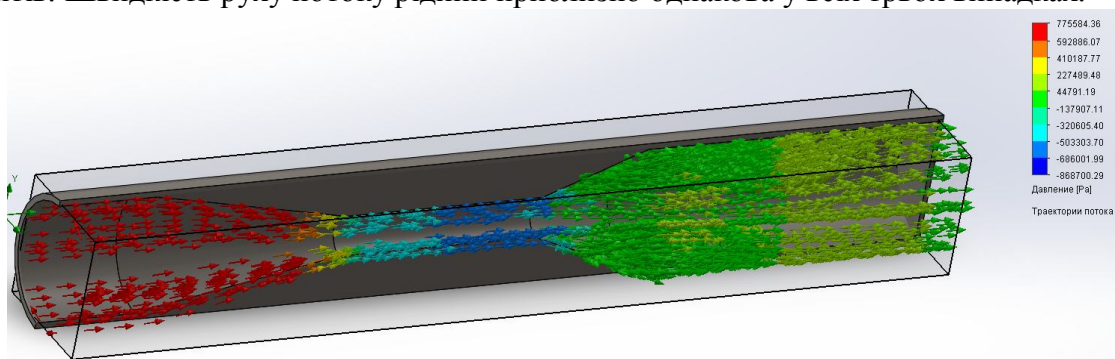


Рисунок 2 – 3D модель зміни тиску у досліджуваному кавітаторі

Очевидно, що варіант (рис. 1в) буде більш ефективно створювати розрідження при проходженні рідини з каналу, що з'єднує камеру розширення з камерою стиску. Турбулентність, що виникає внаслідок проходження рідини через сопло другого варіанта (рис. 1б), як ми можемо побачити, найбільш оптимальна для нагріву води. Виникнення вихрових потоків в потоці починається вже на виході з сопла. За допомогою програми SolidWorks ми дослідили потік рідини в кавітаторі і отримали теоретичні результати дослідження.

Змоделювавши кавітатор в програмі відповідно до реальних розмірів (рис. 2), прийнявши значення тиск подачі води за 0,4 МПа та температури води – за 20 °С (293 К) отримуємо результати. Температура води, що проходить один цикл через кавітатор з діаметром перерізу 21 мм збільшується на 0,1 К (при P= 0,4 МПа).

В запропонованій нами схемі використання кавітатора використовуємо один напірний пожежний рукав 66-го діаметра, пропускна здатність якого становить 17 л/с та вміщає він 70 л води.



Рисунок 3 – Проведення експериментального дослідження нагріву води

Врахувавши кількість води в пожежному насосі (11 л) та кількість води в кавітаторі (близько 2 л) знаємо загальну кількість води в нашій, так званій, гідродинамічній системі – 83 л. Знаючи орієнтовний час проходження 1-го циклу та на скільки збільшиться температура за цей цикл можемо визначити на скільки цей пристрій здатен нагріти воду за певний проміжок часу. Час проведення експериментального дослідження – 10 хв. За цей час об'єм води, що є в досліджуваній системі пройде 122 цикли. Оскільки за 1 цикл вода нагрівається на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,1\text{ K}$), то за 10 хв вода нагріється на $12,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (K). Тобто, згідно з результатами теоретичних досліджень, за 10 хв роботи такої схеми з кавітатором її можна збільшити на $12,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

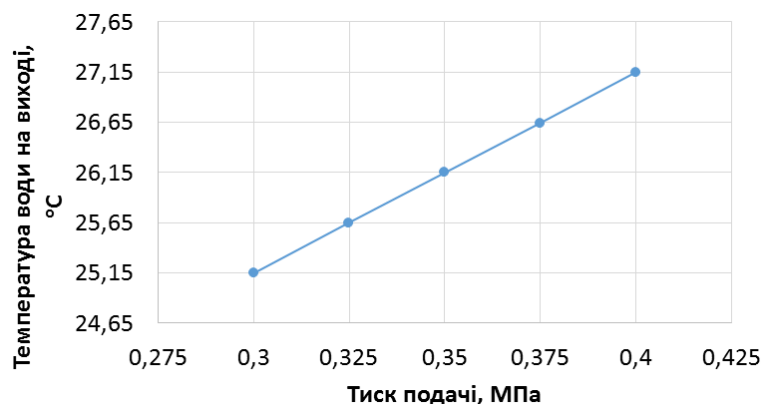


Рисунок 4 – Залежність температури нагріву води від тиску за проміжок часу

Як видно з результатів експерименту, ми зможемо отримати теплу воду для проведення спеціальної обробки постраждалих.

Застосування теплового ефекту внаслідок явища кавітації, що відбувається при роботі протипожежної помпи, дасть змогу отримувати підігріту воду для проведення санітарної обробки людей у місці надзвичайної ситуації.

Висновок: Отримані експериментальні результати дали нам змогу встановити залежність між величиною нагріву води від температури навколишнього середовища та від тиску, який створює насос. Результати проведеного дослідження показали, що швидкість нагрівання води прямо пропорційна температурі навколишнього середовища. Разом з тим, чим більший тиск поданої води в кавітатор, тим інтенсивніше збільшується температура води. При сталій температурі навколишнього середовища, збільшення тиску $P_1=0,35\text{ МПа}$ до $P_2=0,45\text{ МПа}$ привело до приросту температури на 1°C (K).

З усього вище викладеного випливає, що запропонований нами спосіб нагрівання води є ефективним засобом для покращення основних методів проведення деконтамінації потерпілих. Ця проблема набуває особливої ваги у теперішній час коли на території нашої держави ведуться бойові дії, що створює додаткову небезпеку отруєння звичайних громадян небезпечними хімічними речовинами.

Список літератури:

1. Emergency.in.ua стаття «Деконтамінації постраждалих внаслідок дії хімічних, радіаційних чинників та біологічних агентів»
2. Завойко Б. М., Лещій Н. П. Технічна механіка рідин та газів: основні теоретичні положення та задачі. Львів, 2004.
3. Лаврівський З. В. Мандрус В. І. «Технічна механіка рідин та газів» – СПОЛОМ, Львів 2004
4. Сичевський М. І., Ренкас А. Г. «Інженерна та аварійно-рятувальна техніка» – Львів: ЛДУ БЖД, 2011. – 293с.
5. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Том VI. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. — 736 с.
6. Наказ МОЗ №322 Методичні рекомендації з проведення деконтамінації постраждалих внаслідок дії хімічних, радіаційних чинників та біологічних агентів.
7. Сичевський М. І., Ренкас А. Г. Інженерна та спеціальна техніка МНС України. – Львів: Львівська політехніка, 2007. – 232с.

References:

1. Emergency.in.ua article "Decontamination of victims as a result of chemical, radiological and biological factors agents"
2. Zavoyko B.M., Leschiiy N.P. Technical Mechanics of liquids and gases: basic theoretical concepts and tasks. Lviv, 2004.
3. Lavriv Z.V. Mandrus V.I. "Technical Mechanics of liquids and gases" – spol, Lviv 2004
4. Sychevskii M.I., Renkas A.G. "Engineering and rescue equipment" – Lviv: LSU BC, 2011. – 293p.
5. Landau L.D., Lifshitz E.M. Theoretical physics. Volume VI. Fluid dynamics. M. : Nauka, 1986. – 736 p.
6. MON №322 Guidelines for decontamination of victims as a result of chemical, radiological and biological factors agents.
7. Sychevskii M.I., Renkas A.G. Engineering and special equipment Ministry of Ukraine. - Lviv, Lviv Polytechnic, 2007. – 232p.

