

ління електричними і електронними елементами автомобілів. Комп'ютер може виконувати певну функцію блоку керування, якими сьогодні обладнані більшість автотранспортних засобів або ж можна застосовувати достатньо дешевий контролер вартістю не більше 100–150 гривень.

Блок для приймання електричних імпульсів для кожного із запропонованих методів складається з двох або трьох інтегральних мікросхем і фактична вартість їх у декілька разів менша за вартість автомобільної лампи.

В умовах ринкової економіки і особливо недофінансування наукових установ практична реалізація більшості нових розробок, а особливо проведення довготривалих експериментальних досліджень з метою визначення довговічності (надійності) пропонованої розробки заходить у тупий кут. На нашу думку, основна проблема впровадження запропонованих методів також полягає у необхідності єдиного підходу до зазначеного напрямку досліджень — впровадження однодротових схем управління електрообладнанням — може бути обґрунтування бізнес плану (проекту), комплексні випробування на різних транспортних засобах, в різних умовах експлуатації, відмінних природно-кліматичних умовах в реальних умовах експлуатації автотранспортних засобів.

#### Література

1. Білоконь, Я. Ю. Автотранспортні засоби категорій «В» і «С» [Текст] : навч. посібник для ВНЗ / Я. Ю. Білоконь, В. М. Горкун, А. І. Окоча. — К. : Арій, 2009. — 352 с.
2. Скрипник, Ю. А. Способ индикации резонансной частоты измерительной цепи [Текст] / Ю. А. Скрипник, К. Л. Шевченко. — Авт. Свид. СССР № 1506372, Бюл. № 32 от 07.09.89 г.
3. Илюнина, К. К. Справочник по электроизмерительным приборам [Текст] / К. К. Илюнина. — Л.: Энергоатомиздат, 1983. — 67 с.
4. Чишков, Ю. П. Электрооборудование автомобилей [Текст] : курс лекций. Ч. 1. / Ю. П. Чишков. — М. : Машиностроение, 2002. — 240 с.
5. Стручалин, В. М. Диагностирование электрооборудования автомобилей [Текст] / В. М. Стручалин. — Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2003. — 42 с.
6. Стручалин, В. М. Электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин [Текст] / В. М. Стручалин. — Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2003. — 65 с.

7. Краткий автомобильный справочник. — М.: Трансконсалтинг, НИИАТ, 1994. — 779 с.
8. Ютт, В. Е. Электрооборудование автомобилей [Текст] : учебник для вузов / В. Е. Ютт. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Горячая линия. — Телеком, 2006. — 440 с.
9. Аксенович, Л. А. Физика. Колебания и волны [Текст] / Л. А. Аксенович, Н. Н. Ракина. — Мн.: ДизайнПРО, 1997. — С. 93–97.
10. Мякишев, Г. Я. Физика [Текст] : учеб. / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. — М.: Просвещение, 1997. — С. 69–71.

#### ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Представленные в статье материалы непосредственно касаются принципиально новых подходов относительно построения электрических схем в управлении электрооборудованием автомобилей, которые позволяют повысить надежность работы, уменьшить вредное влияние электромагнитных полей на человека, упростить диагностику и ремонт электрооборудования автомобиля.

**Ключевые слова:** схема электрооборудования, электрооборудование автомобилей, электромагнитные поля, импульсы электрические, ремонт электрооборудования, управления электрооборудованием.

*Бондарев Сергей Иванович, кандидат технических наук, кафедра транспортных технологий та засобів у АПК, Національний університет біоресурсів і природокористування, e-mail: bondarev@i.com.ua.*

*Шевченко Костянтин Леонідович, кандидат технических наук, кафедра автоматизації та комп'ютерних систем, Київський національний університет технологій і дизайну, e-mail: kaks@knutd.com.ua.*

*Бондарев Сергей Иванович, кандидат технических наук, кафедра транспортных технологий и средств в АПК, Национальный университет биоресурсов и природопользования.*

*Шевченко Константин Леонидович, кандидат технических наук, кафедра автоматизации и компьютерных систем, Киевский национальный университет технологий и дизайна.*

*Bondarjev Sergiy, National University of Life and Environmental Sciences, e-mail: bondarev@i.com.ua.*

*Shevchenko Konstantin, Kyiv National University of Technologies and Design, e-mail: kaks@knutd.com.ua*

УДК 62-82:532.528.(045)

**Тарасенко Т. В.,  
Зайончковський Г. Й.**

## ОЧИЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ГІДРОАПАРАТУРИ ЗА ДОПОМОГОЮ КАВІТАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В статті представлено результати кавітаційного очищення елементів гідравлічної апаратури, які працюють в тяжких умовах експлуатації. Досліджено вплив гідродинамічної кавітації на поверхню, яка очищується від забруднень, а також дана оцінка кавітаційної стійкості конструкційних матеріалів, що застосовуються у сучасному гідромашинобудуванні. На основі проведених досліджень розроблені рекомендації щодо ефективного режиму кавітаційного очищення поверхонь від забруднень.

**Ключові слова:** кавітація, очищення, кавітаційна ерозія, режим очищення, кавітаційний генератор, гідропривод.

#### 1. Вступ

Очищення поверхні металевих виробів, внутрішніх поверхонь трубопроводів, внутрішніх порожнин гід-

равлічних пристроїв являє собою сукупність складних фізико-хімічних і механічних процесів, ефективність яких залежить від властивостей миючого середовища,

розміру і властивостей часток забруднення, технологічних режимів очищення та конструктивних особливостей виробів. Ефективність очищення і вигляд очищеної від забруднень поверхні безпосередньо залежить від способу очищення та від типу миючого середовища [1].

## 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Тривалість процесу очищення деталей, агрегатів і систем мобільних машин різного призначення досягає до 10...15 % від загальних затрат часу на їх виготовлення [1, 2]. Тому вибір миючого середовища, способу та гідродинамічних параметрів очищення являється важливим етапом у технологічному процесі виготовлення таких виробів. Забруднення металевих поверхонь у вигляді плівок, прилиплих твердих частинок, мастил можуть бути видалені у результаті механічної дії, розчинення, хімічної реакції або змивання. У деяких випадках використовують комбіновані методи очищення [3].

Оскільки забруднення поверхні металу являє собою, здебільшого, суміш твердих дрібних частинок, продуктів корозії і окислів із полімеризованими залишками масел, жирів, олів, нагару тощо, то їх видалення потребує значних зусиль і виконання спеціальних операцій. Наприклад, інтенсифікація процесу очищення із використанням кавітаційних ефектів. Поверхню металу можна очищувати механічними засобами, направленим струменем рідини, потоком рідини, у яку занурено деталь, кавітаційними струменями та комбіновано.

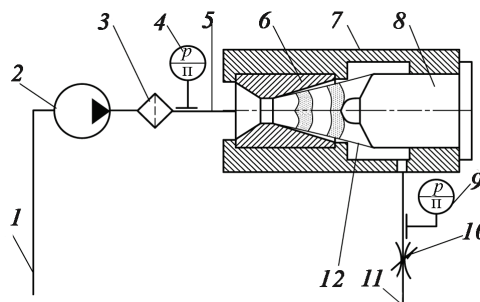
## 3. Результати проведених досліджень

Для очищення стійких форм забруднень, таких як нагар і смолисті відкладення на паливних форсунках двигунів внутрішнього згорання, необхідно застосувати кавітаційне струменеве очищення. Струменеве очищення є найбільш ефективним способом очищення за рахунок використання механічного, фізико-механічного і хімічного факторів. Продуктивність процесу кавітаційного струменевого очищення залежить як від механічних властивостей і об'єму забруднень, так і від сили удару струменю, інтенсивності захопування бульбашок і активності миючого розчину.

Основною умовою очищення поверхні (руйнування забруднень і винос їх із поверхні) є перевищення динамічних тисків, тисків при колапсі каверн, енергії коливань тисків над механічними властивостями забруднень. Під механічними властивостями слід розуміти адгезійно-когезійну характеристику забруднень, що залежить від міцності забруднень на стиснення, розтяг, зсув або адгезію до поверхні. Забруднення відділяються від поверхні, коли динамічний тиск струменю, енергія коливань тиску або тиск при захопванні бульбашки перевищать хоч одну із вказаних механічних характеристик забруднення.

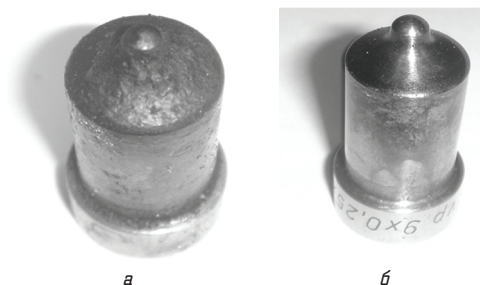
На рис. 1 представлено пристрій для очищення форсунок від нагару. Кавітаційний генератор 6 представляє собою насадок конфузorno-дифузornoного типу. Генератор вмонтовано у кавітаційну камеру 7, у яку поміщено форсунку 8. Генератор створює кавітаційний факел, у зоні якого знаходиться форсунка. За насадком генерується дискретний струмінь рідини, який рухається у «снарядному» режимі і у якому рідина перемежується

газовими прошарками. За таким режимом очищення на поверхню нагару діє відразу декілька факторів: динамічний тиск струменю, енергія коливання тиску у даному об'ємі, мікрострумені від бульбашок газу, що захоплюються.



**Рис. 1.** Схема пристрою для кавітаційного очищення форсунок двигунів внутрішнього згорання: 1 — всмоктувальний трубопровід; 2 — насос; 3 — фільтр; 4, 9 — манометри; 5 — лінія нагнітання; 6 — кавітаційний генератор коливань тиску; 7 — кавітаційна камера; 8 — форсунка двигуна внутрішнього згорання; 10 — дросель змінного перерізу; 11 — лінія зливу; 12 — кавітаційний струмінь рідини

Результати очищення форсунок представлено на рис. 2. Як видно на рисунку, на форсунці до очищення спостерігається товстий шар нагару, який дуже твердий і має високі адгезійні властивості. Він відкладається на металевій поверхні й нарощується при роботі форсунки, перекриваючи отвори для розпилення. Після кавітаційного очищення нагар повністю видалається; видно металевий блиск поверхні, а також очищені отвори для розпилення палива. Очищення форсунок проводилося за тиском живлення  $p_{вх} = 10$  МПа. Максимальний час очищення складав 5...10 хв. Подальше збільшення часу очищення не доцільно, так як поверхня форсунки очищувалася до металевому блиску і подальше очищення лише сприяло б розвитку кавітаційної ерозії.



**Рис. 2.** Результати очищення форсунок двигунів внутрішнього згорання (а — форсунка до очищення; б — форсунка після очищення)

Проведені дослідження показали, що запропонований спосіб очищення має високу ефективність, простоту, низьку собівартість. Відпадає спеціальна підготовка робочого місця оператора. За даним способом очищення відбувається у герметичній камері, тому не потрібно забезпечувати вентиляцію робочого місця оператора.

Дослідження кавітаційної ерозії конструкційних матеріалів проводилися з метою визначення оптимальних режимів очищення агрегатів гідроприводу від забруднення, так як знання часу інкубаційного періоду кавітаційної ерозії конструкційних матеріалів необхідно для того, щоб при кавітаційному очищенні не пошкодити саму поверхню деталі.

При визначенні режимів роботи кавітаційних генераторів коливань тиску необхідно враховувати те, що в процесі роботи кавітаційного генератора коливань тиску відбувається руйнування проточної частини самого кавітаційного генератора внаслідок кавітаційної ерозії. Тому актуальним є питання вибору для кавітаційних генераторів конструкційних матеріалів, які мають стійкість до кавітаційної ерозії, а також визначення довжини кавітаційного факелу, де локалізується кавітаційна ерозія.

Не дивлячись на велику кількість робіт з вивчення механізмів кавітаційної ерозії [4–9], питання вивчено не повністю. Дослідження цих процесів ускладнюються їх швидкоплинністю (порядок  $10^{-6}$  с), а також тим, що кавітаційна ерозія протікає у малих об'ємах. Колапс каверни розпочинається із розмірів  $10^{-2}$  мм. Додаткові ускладнення створюють високі локальні тиски і підвищену температуру. Більшість дослідників відмічають наявність двох основних видів зношування металів: механізм ударної хвилі і механізм кумулятивних мікроструменів.

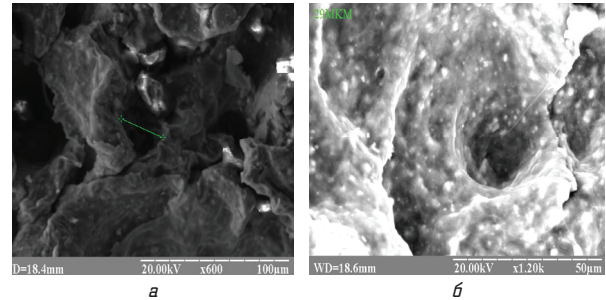
Механізм ударної хвилі засновано на моделі колапсу каверни у ідеальній рідині. Теорія дає значення тиску при повному змиканні каверни. Високі тиски від радіальних ударних хвиль викликають механічні руйнування поверхонь, що знаходяться поблизу колапсу каверн. Проведені дослідження уточнюють ці результати із врахуванням стисливості рідини, в'язкості, а також демпфування із-за наявності у кавернах газу, що дозволило встановити реальний рівень тиску і температури при змиканні каверн.

Каверни можуть змикатись симетрично і асиметрично, оскільки колапс, на відміну від розширення границь, процес нестійкий. Спостереження показали, що поблизу стінки каверна у процесі деформації набуває тороїдальної форми із наступним утворенням у центрі тороїду мікроструменю. Доказано, що мікрострумєнь має високу швидкість і при співударянні зі стінкою може викликати її механічні руйнування. Не дивлячись на наявність як ударних хвиль, так і мікроструменів, великий внесок у руйнування конструкційного матеріалу вносять ударні хвилі [10–12]. Експериментальним способом нами на основі непрямих вимірювань встановлено, що тиск у центрі каверни, що зімкнулася, становить декілька тисяч атмосфер. Це значно більше за границю міцності більшості матеріалів. Наприклад, сталь 45 у нормальному стані має границю міцності 610 МПа, а у загартованому стані — 800 МПа.

Характер кавітаційних руйнувань залежить від пластичності металу. У пластичних металах (наприклад, для сплаву Д16АТВ) деформація призводить до виникнення кратерів — поверхня зношення має вигляд «місячного» ландшафту (рис. 3).

Подальші удари руйнують кільцеві кратери. Метал руйнується по границях зерен, оскільки вони опираються на пластичній деформації. Крихкі метали під дією знакозмінних напружень пошкоджуються внаслідок виникнення тріщин. Механізм пластичного руйнування характерний для металів, що мають твердість, не більшу від 400 одиниць за шкалою Бринеля. Локальні температури настільки великі, що метал плавиться і руйнується. Колапс каверн у рівній мірі небезпечний як для твердих тіл, так і для робочої рідини. Високі локальні тиски і температури призводять до деструкції робочої рідини. Безпосередня дія температури і тиску руйнує присадки, що поліпшують індекс в'язкості і змащуючу

властивість рідини. Вплив кавітації на властивості рідин полягає в тому, що кавітація підсилює деградацію окислення, нітрацію і утворення коксу. У гідравлічних рідинах на нафтовій основі кавітація викликає місцеве пригоряння, відоме як «дизельний ефект».



**Рис. 3.** Кавітаційна ерозія поверхонь мішеней, виготовлених із сплаву Д16АТВ: а — 600-кратне збільшення; б — 1200-кратне збільшення ( $p_{вх} = 15$  МПа;  $\Delta p = 0,93$ ;  $T = 323$  К;  $t = 15$  хв.; генератор коливань — конфузурно-дифузурний насадок)

Ерозія агрегатів гідроприводу відрізняється від ерозії гребних гвинтів або підводних крил і водяних турбін тим, що пов'язана, з одного боку, із більш високими робочими параметрами і, з іншої боку, такими властивостями робочих рідин, як їх висока в'язкість і значний вміст повітря.

В агрегатах гідроприводу ерозія найчастіше всього породжується кавернами, що переміщуються. Каверни виникають і руйнуються по мірі проходження потоком зони низького і відновленого тиску. Каверни у дросельних каналах руйнуються відразу ж за зоною найбільшого стиснення потоку, де тиск починає відновлюватись. Кавітаційна ерозія локалізується у обмеженій зоні малої протяжності [6, 8, 12].

У протилежність цьому вихрова кавітація породжується струменевою течією. Вона відрізняється більшою протяжністю, оскільки струмєнь сприяє росту і колапсу каверн вздовж усього струменю. Ерозійний ефект набагато збільшиться, якщо кавітаційні зони першого і другого виду існують одночасно. У першій зоні генеруються первинні каверни. А потім процес підсилюється у результаті виникнення вихрових каверн.

Для кавітаційного очищення значний інтерес викликають порівняльні дослідження кавітаційної стійкості різних металів і сплавів, що використовують у гідромашинобудуванні.

При проведенні випробувань сплавів, що широко використовуються у гідромашинобудуванні, було обрано наступні умови кавітаційного витікання рідини АМГ-10: температура робочої рідини — 323 К; тиск на вході у випробувальний пристрій — 15 МПа; тиск на виході із випробувального пристрою — 1,04 МПа; час випробування — від 15 до 6 годин; швидкість витікання рідини — 180 м/с. У якості параметрів оцінки гідроерозійної стійкості було вибрано час інкубаційного періоду і швидкість зміни маси матеріалу у період розвинутої кавітації. На основі проведення експериментів побудовано гістограми, представлені на рис. 4 і 5.

Аналіз отриманих результатів показує, що серед групи досліджуваних матеріалів найбільшою гідроерозійною стійкістю має латунь. Це пояснюється подовженим інкубаційним періодом і структурними особливостями

даного сплаву (рис. 4). Великий час інкубаційного періоду (накопичення пошкоджень) має нержавіюча сталь 1X18H9T (рис. 5).

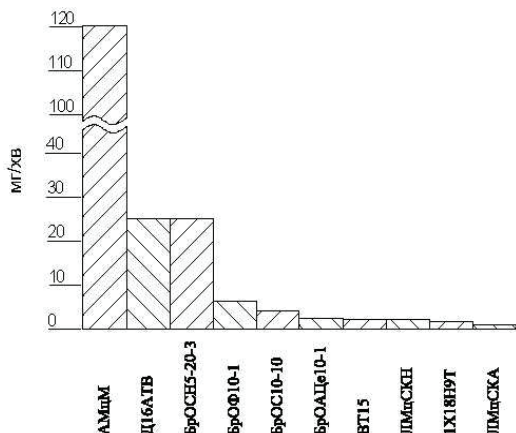


Рис. 4. Діаграма швидкості кавітаційної ерозії для сплавів, що широко використовуються у гідромашинобудуванні

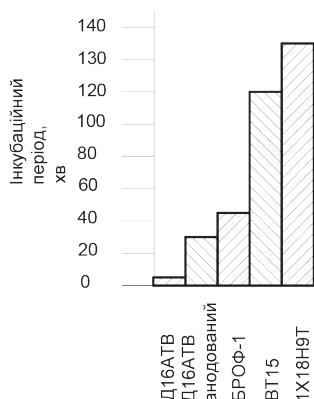


Рис. 5. Порівняльна діаграма інкубаційного періоду сплавів, що застосовуються у гідромашинобудуванні

Було встановлено, що інтенсивність кавітаційної ерозії залежить від відстані до мішені (рис. 6). Встановлено, що максимальна ерозія  $\Delta m$  залежить від протитиску  $\Delta p$  і відстані  $S$  між кавітаційним генератором (насадком) і мішенню. На рис. 6 наведено експериментальні залежності, що ілюструють вплив параметру  $S$  на інтенсивність кавітаційної ерозії.

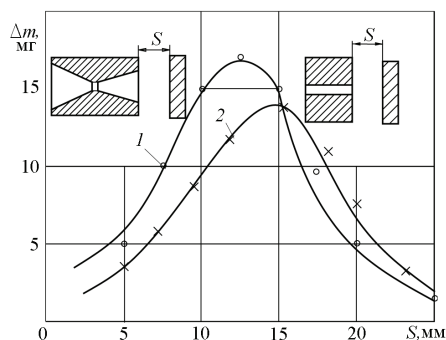


Рис. 6. Залежність зменшення маси мішені зі сплаву Д16АТВ від відстані  $S$  між насадком і мішенню: 1 — конфузрно-дифузорний насадок,  $\alpha_{\text{конф}} = 60^\circ$ ,  $\alpha_{\text{диф}} = 16^\circ$ ; 2 — циліндричний насадок ( $p_{\text{нас}} = 0,3$  МПа,  $p_{\text{вх}} = 15$  МПа,  $\Delta p = 0,93$ ;  $T = 323$  К;  $t = 15$  хв)

Таким чином, для досягнення максимальної кавітаційної ерозії мішені необхідно розташовувати нормально до потоку рідини на відстані 12 мм для конфузрно-дифузорного генератора і 15 мм для генератора типу насадок Вентурі.

#### 4. Висновки

1. Проведені експериментальні дослідження підтвердили ефективність кавітаційного очищення поверхні гідроапаратури.

2. Для запобігання кавітаційної ерозії поверхонь, що очищуються у кавітаційному полі, необхідно, щоб час очищення не перевищував інкубаційний період кавітаційної ерозії матеріалу. Встановлено, що для сплаву ВТ-15 інкубаційний період становить 120 хв, для нержавіючої сталі — 140 хв.

3. Дослідження кавітаційної ерозії конструкційних матеріалів показують, що найвищу кавітаційну стійкість мають наступні метали: БрОС10-10, БрОАЦе10-1, ВТ-15, ЛМцСКН, 1X18H9T, ЛМцСКА.

4. Визначено ефективну відстань між соплом та мішенню (12 мм для конфузрно-дифузрних насадків і 15 мм для насадків Вентурі), при якій спостерігається максимальна кавітаційна ерозія механічних забруднень.

#### Література

1. Белянин, П. Н. Промышленная чистота машин [Текст] / П. Н. Белянин, В. М. Данилов. — М. : Машиностроение, 1982. — 224 с.
2. Абрамзон, Л. А. Поверхностно — активные вещества [Текст] / Л. А. Абрамзон. — Л. : Химия, 1975. — 248 с.
3. Богачев, И. Н. Кавитационное разрушение и кавитационно-стойкие сплавы [Текст] / И. Н. Богачев. — М. : Металлургия, 1972. — 189 с.
4. Богачев, И. Н. Повышение кавитационно-эрозионной стойкости деталей машин [Текст] / И. Н. Богачев. — М. : Машиностроение, 1964. — 144 с.
5. Глазков, М. М. Эрозионные разрушения деталей гидросистем ВС [Текст] / М. М. Глазков, П. А. Андзембе // Проблемы динамики пневмогидравлических и топливных систем ЛА: сб. тез. докл. НТК. — Куйбышев, 1990. — С. 113–114.
6. Глазков, М. М. Кавитационная эрозия боридных покрытий стали 45 в среде авиационных горюче-смазочных материалов [Текст] / М. М. Глазков, И. Н. Резник // Эксплуатационные свойства авиационных топлив смазочных материалов и спец. жидкостей. — К. : КИИГА, 1989. — С. 97–98.
7. Backe, W. Kavitation und kavitations erosion in hydraulischen System [Текст] / W. Backe W. Kleinbreuer // Konstrukteur. 1981. — 12, № 4. — Р. 32–46.
8. Gracey, M. T. Cavitation erosion used for material testing [Текст] / M. T. Gracey, A. F. Conn // Erosion by liquid and solid impact: proc. of 7th intern. conf. 7–10 sept. 1987. — Cambridge. 1987. — Р. 25–34.
9. Спринджер, Дж. С. Эрозия при воздействии капель жидкости [Текст] / Дж. С. Спринджер. — М. : Машиностроение, 1981. — 200 с.
10. Глазков, М. М. Кавитация в жидкостных системах воздушных судов [Текст] / М. М. Глазков, В. Г. Ланецкий, Н. Г. Макаренко, И. П. Челюканов. — К. : КИИГА, 1987. — 62 с.
11. Акуличев, В. А. Кавитация в криогенных и кипящих жидкостях [Текст] / В. А. Акуличев. — М. : Наука, 1978. — 280 с.
12. Кнэпп, Р. Ф. Кавитация: пер. с англ. [Текст] / Р. Кнэпп, Л. Дейли, Ф. Хеммит. — М. : Мир, 1974. — 679 с.

**ОЧИСТКА ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОАППАРАТУРЫ ПРИ ПОМОЩИ КАВИТАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В статье представлены результаты кавитационной очистки элементов гидравлической аппаратуры, которые работают в тяжелых условиях эксплуатации. Исследовано влияние гидродинамической кавитации на очищаемую поверхность, а также дана оценка кавитационной стойкости конструкционных материалов, которые используются в современном гидромашиностроении. На основании проведенных исследований разработаны рекомендации для эффективного режима очистки поверхностей от загрязнений.

**Ключевые слова:** кавитация, очистка, кавитационная эрозия, режим очистки, кавитационный генератор, гидропривод.

*Тарасенко Тарас Валерійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри гідрогазових систем, Національний авіаційний університет, e-mail: nauggs18@ukr.net.*

*Зайончковський Геннадій Йосипович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри гідрогазових систем, Національний авіаційний університет, e-mail: evgenia\_zay@mail.ru.*

*Тарасенко Тарас Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры гидрогазовых систем, Национальный авиационный университет.*

*Зайончковский Геннадий Иосифович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогазовых систем, Национальный авиационный университет.*

*Tarasenko Taras, National Aviation University, e-mail: nauggs16@ukr.net.*

*Zaionchkovskiy Gennadii, National Aviation University, e-mail: evgenia\_zay@mail.ru*

УДК 662.99

Назаренко И. А.

**ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ РЕЗЕРВУАРОВ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ПЕКОМ**

В статье приводится анализ теплоизоляционных материалов для снижения тепловых потерь в окружающую среду резервуаров с высокотемпературным пеком. Обосновано решение необходимости применения тепловой изоляции для вертикальных стальных резервуаров. Показано, что снижение тепловых потерь позволит сократить расход теплоносителя на 30 %. Полученные результаты могут быть положены в разработку энергосберегающих режимов работы участка пекового хозяйства ПАО «Укрграфит».

**Ключевые слова:** тепловая изоляция, тепловые потери, высокотемпературный пек, вертикальный стальной резервуар.

**1. Введение**

Одной из важнейших задач, поставленных наукой и практикой, является проблема повышения уровня конкурентоспособности отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках. Решение этих вопросов возможно за счет повышения ее качества и снижения себестоимости на основе повышения уровня энергоресурсосбережения. Система подготовки и нагрева пека при производстве электродной продукции представляет собой сложный комплекс трубопроводов, оборудования и сооружений, который потребляет значительную часть энергетических ресурсов собственных потребностей предприятия в процессе эксплуатации. При хранении высоковязких жидкостей в вертикальных наземных резервуарах основной проблемой являются значительные тепловые потери в окружающую среду и в грунт. Особое место в решении данной проблемы отводится не только новому строительству, но и эксплуатируемому технологическому оборудованию, теплотехнические характеристики которого не соответствуют современной концепции энергосбережения. Тепловая изоляция является необходимым элементом промышленного оборудования, обеспечивающим принципиальную возможность проведения технологических

процессов на заданном температурном уровне при оптимальном потреблении топлива — энергетических ресурсов. Повышение энергоэффективности и эксплуатационной надежности и долговечности теплоизоляционных конструкций достигается за счет применения высококачественных изоляционных материалов и совершенствования конструктивных решений и является одним из важных направлений в реализации программы энергосбережения.

**2. Постановка проблемы**

На предприятиях по производству графитированных электродов предъявляются жесткие требования к технологии хранения высокотемпературного пека, поэтому тепловая изоляция помимо функций энергосбережения, обеспечивает возможность проведения технологических процессов нагрева пека на заданном температурном уровне. На сегодняшний день, на рынке Украины представлен широкий выбор различных теплоизоляционных материалов, как отечественных, так и зарубежных производителей, поэтому необходимо выполнить анализ и обосновать выбор теплоизоляционного материала для данного технологического процесса.