

DOI 10.15589/jnn20160202
 УДК 629.5.036
 Л27

EXPERIMENTAL RESEARCH OF WATER JET ON THE PRINCIPLE OF THE ELECTROHYDRAULIC EFFECT

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДОМЕТНОГО РУШІЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРИНЦИПУ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО ЕФЕКТУ

Roman V. Latypov
 lider-fm@yandex.ru
 ORCID: 0000-0002-5113-5621

Valeriy V. Zaytsev
 zvalv1974@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-8590-5671

Р. В. Латипов
 асп.

В. В. Зайцев
 д-р техн. наук, проф.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Abstract. Have been analyzed researches and literature in the field of electrohydraulic effect in shipbuilding. Has been collected wiring generator of pulsed discharges for the experiments. Furthermore, has been designed and constructed the experimental model of water-jet propulsion based on the electrohydraulic principle. Have been performed experiments, as the consequence were noted operation characteristics of this water-jet. Have been made conclusions about the relevance of using of this type of water-jet in shipbuilding.

Keywords: water jet; electrohydraulic effect; innovation in water jet design; electrohydraulic effect in shipbuilding; electrohydraulic effect for vessel.

Анотація. Проаналізовано наукові дослідження й літературу з проблеми застосування електрогідроудару в суднобудуванні. Розроблено й виготовлено експериментальну модель водометного рушія на принципі електрогідроудару. Виконано ряд експериментів, у результаті яких зафіксовано параметри роботи досліджуваного водомета.

Ключові слова: водометний рушій; електрогідролічний ефект; електрогідроудар; інновації в проектуванні водометних рушіїв; електрогідролічний ефект в суднобудуванні; електрогідролічний ефект для суден.

Аннотация. Проанализированы научные исследования и литература по проблеме применения электрогидроудара в судостроении. Разработана и изготовлена экспериментальная модель водометного движителя на принципе электрогидроудара. Выполнен ряд экспериментов, в результате которых зафиксированы параметры работы исследуемого водомета.

Ключевые слова: водометный движитель; электрогидравлический эффект; электрогидроудар; инновации в проектировании водометных движителей; электрогидравлический эффект в судостроении; электрогидравлический эффект для судов.

REFERENCES

- [1] Malyushevskiy P. P. *Yavlenie kumulyatsii pri vzaimodeystvii vikhrevykh kolets. (Chast 1. Eksperementalnye nablyudeniya)* [The phenomenon of cumulation in the interaction of vortex rings. (Part 1. Experimental observations)]. *Elektronnaya obrabotka materialov — Electronic processing of materials*, 2005, issue 3, pp. 36–40.
- [2] Malyushevskiy P. P. *Yavlenie kumulyatsii pri vzaimodeystvii vikhrevykh kolets. (Chast 2. Obsuzhdenie eksperementalnykh nablyudeniya)* [The phenomenon of cumulation in the interaction of vortex rings. (Part 1. Discussion of experimental observations)]. *Elektronnaya obrabotka materialov — Electronic processing of materials*, 2005, issue 3, pp. 37–44.
- [3] Yutkin L. A. *Elektrogidravlicheskiy effekt i ego primenenie v promyshlennosti* [The electrohydraulic effect and its application in industry]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1986. 253 p.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Сьогодні на світовому ринку представлено різноманітний ряд рушіїв для суден, що відрізняються своїм призначенням і продуктивністю. Підвищення цін на енергоносії й витрат на обслуговування рушійних механізмів створює потребу для винаходження інноваційних принципів рушіїв. Одним з таких є рушій на принципі електрогідродару Л. О. Юткіна, який не потребує передачі механічної енергії, тобто жодних редукторів, приводних валів та механізмів, достатньо мати джерело електрики й підвести електропровідники, що дає змогу зменшити витрати на обслуговування водометного рушія такого типу.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Електрогідрравличний ефект — це промисловий спосіб перетворення електричної енергії в механічну, який відбувається без проміжних механічних ланок з високим ККД. Сутність цього ефекту полягає в тому, що при здійсненні в об'ємі рідини, яка знаходиться у відкритому чи закритому посуді, спеціально сформованого імпульсу електричного розряду (іскрового, кістєвого та інш.) біля зони його виникнення з'являється надвисокий гідрравличний тиск, здатний здійснювати корисну механічну роботу, супроводжуючись комплексом фізичних та хімічних явищ [3].

Л. О. Юткін запропонував застосування явища електрогідродару для очищення підводної частини корпусу судна від водоростей і створення інноваційного типу водометного рушія за цим принципом [3], схематичне зображення якого подано на рис. 1.

Водометний рушій, за принципом електрогідродару працює за рахунок реактивної тяги, яка утворюється внаслідок дії розряду імпульсного постійного току у воді, що призводить до підвищення локального тиску й формує рушійну силу судна. Частоту імпульсу та його силу можна регулювати, змінюючи електричні параметри генератора імпульсного току.

Проаналізовано праці проф. П. П. Малюшевського [1–2], в яких описано природу явища кумуляції струмінню води при електрогідродарі. Досліджено його експерименти з розробки електрогідрравличного рушія. Учений запропонував й побудував експериментальну модель даного типу рушія, зображеного на рис. 2. У результаті його експериментів вдалося отримати рух моделі в кільцевому експериментальному басейні.

Для того щоб сконструювати рушій з ефективними параметрами, важливо одержати необхідну форму вихору, який утворює реактивний імпульс. П. П. Малюшевський дослідним шляхом встановив, що максимально ефективна форма вихору — є вихор Хілла, зображений на рис. 3. Експерименти проводились за допомогою високошвидкісної камери, яка дозволяє сфотографувати й аналізувати форму кумулятивної ультроструї, яка виникає внаслідок елетрогідродару.

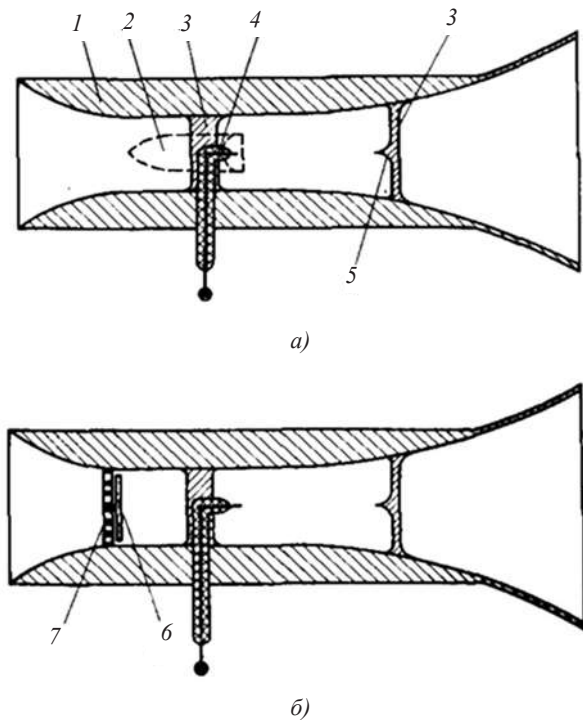


Рис. 1. Електрогідрравличні рушії для плавучих засобів:
а — з відбивачем; б — з клапанами:

1 — водопроточна труба; 2 — кумулятивний відбивач; 3 — стойка; 4 — позитивний електрод; 5 — негативний електрод; 6 — клапани; 7 — отвори клапанної решітки

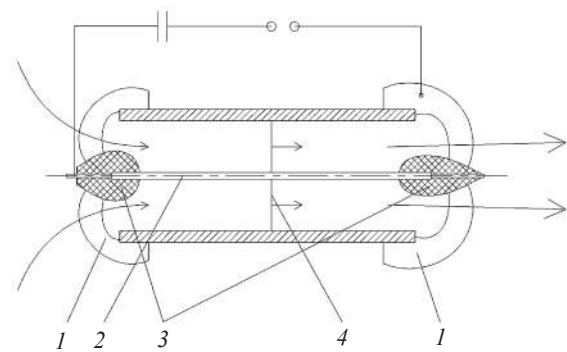


Рис. 2. Модель рушія в експерименті П. П. Малюшевського:

1 — кронштейни; 2 — електрод, 3 — ізолятори; 4 — струмінь розряду



Рис. 3. Ультроструя з кумуляції на вихору Хілла

Запропоновано водометний рушій, побудований на принципі багатоступінчатого електрогідрравлічного насоса. Загальну принципальну схему такого насоса поточного прискорення потоку (багатоступінчастий прискорювач рідини) зображено на рис. 4.

МЕТА РОБОТИ — дослідити залежність пройденої відстані від напруги розряду моделі водометного рушія на основі принципу електрогідродару.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Явище електрогідродару можливо використати для перетворення електричної енергії розряду в кінетичну енергію руху води. За допомогою відбивача можна направити рух води в певному напрямку й отримати реактивну рушійну силу від кожного імпульсу електрогідродару, тобто ми отримаємо реактивний рушій з робочою рідиною — водою. Якщо задамо певну частоту розрядів, отримаємо періодичні поштовхи, що призводять до поступового руху судна. Регулюючи частоту та потужність цих імпульсів, можна керувати швидкістю руху судна з даним типом рушія.

Плануючи дослід, автори обрали експериментальний метод дослідження за параметром переміщення моделі водомета у воді від напруги розряду. Для заміру пройденої відстані використано лінійку, яка фіксує пройдену відстань від кожного імпульсу, для заміру напруги — вольтметр. Для експерименту побудовано спрощену модель водометного рушія на принципі електрогідродару, запропоновану Л. О. Юткіним. Замість корпусу судна застосовано поплавок з пінопласту. При обробці результатів експерименту не враховувалась погрішність при замірах напруги й пройденої відстані моделі.

На початку випробувань досліджено рух кумулятивної струї від реактивного імпульсу. Для цього було виготовлено металічний полий циліндр, закритий з одного боку (відбивач), рис. 5, діаметром 12 мм і висотою 60 мм, товщиною стінки — 1 мм, у який налита рідина — вода — та занурений електрод. Для експерименту зібрано генератор імпульсів електрогідродару з напругою 5 кВ, який приєднали до циліндра. При подачі одного імпульсу отримано результат: весь об'єм води, який був у циліндрі виштовхувався на висоту 3 метри, а наприкінці експерименту була деформована торцева частина циліндру.

Для наступних експериментів прийнято рішення збільшити товщину металу для відбивача водомета до 4 мм. Спочатку побудовано теоретичну, а потім фізичну експериментальну моделі електрогідрравлічного рушія з відбивачем для дослідження параметрів його роботи для врахування результатів першого експерименту.

Зроблено розрахунки й створено теоретичну 3D-модель водометного рушія в програмному комплексі SolidWorks, з урахуванням результатів першого дослідження, креслення й зображення якої представлено на рис. 6–8.

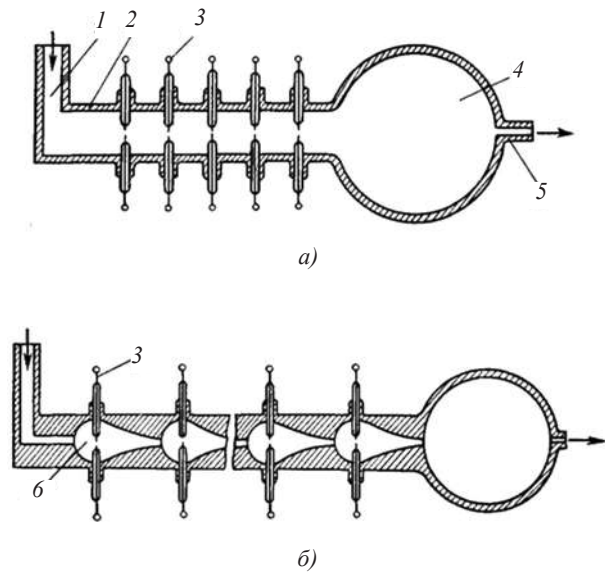


Рис. 4. Багатоступінчаті електрогідрравлічні насоси:

a — з загальною камерою; *б* — з відсіками, зворотними клапанами;

1 — трубопровід; 2 — гідрравлічна камера, 3 — електроди; 4 — ресивер; 5 — трубопровід високого тиску; 6 — параболічний відсік

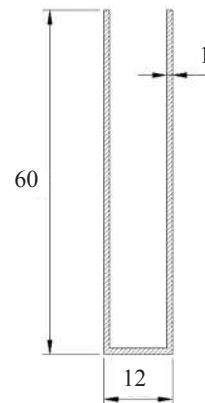


Рис. 5. Циліндр для першого експерименту

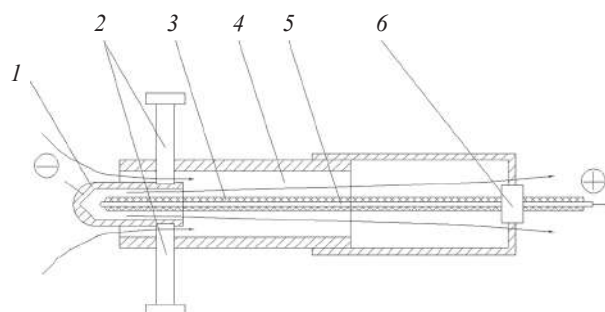


Рис. 6. Креслення електрогідрорухія з відбивачем:

1 — відбивач; 2 — зажими; 3 — ізоляція електроду; 4 — корпус водомета; 5 — позитивний електрод; 6 — центруюче кільце

Виготовлено експериментальну модель рушія й зібрано електричну схему генератора електрогідролінійних імпульсів. Рушій був закріплений на поплавку з пінопласту за схемою, зображеною на рис. 9.

Здійснено випробування у воді при напрузі від 5 до 20 кВ. Регулюючи відстань між повітряним розрядником, отримали частоти — 0,25–2 Гц. У результаті експериментів з заданою частотою 0,25 Гц зафіксовано поштовхи моделі у воді, яка була закріплена на поплавку на відстань від 10 до 30 см від кожного імпульсу. Середні значення пройденої відстані від

кожного імпульсу при заданій напрузі зведено в таблиці 1. Фотографії моделі для останнього експерименту зображено на рис. 10–11.

ВИСНОВКИ. Побудовано експериментальну модель водометного рушія за принципом електрогідродудару. У ході дослідів вдалось досягти переміщення експериментальної моделі, параметри руху якої, зафіксовано в таблиці. На основі аналізу наукової літератури й досліджень запропонованої теми зроблено висновок, що цей тип рушія актуально застосувати до суден з великою енергоємністю.

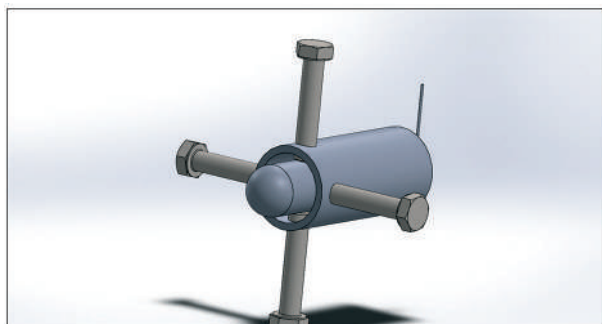


Рис. 7. 3D-модель експериментальної моделі для випробувань водометного рушія на ефекті електрогідродудару

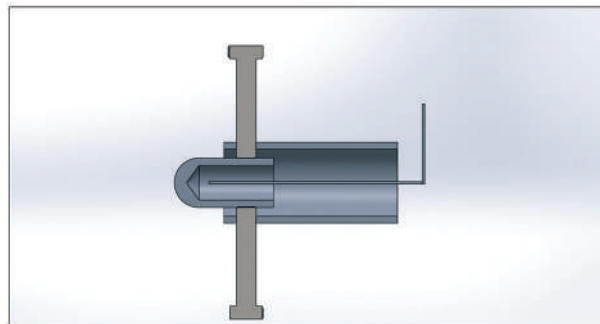


Рис. 8. 3D-модель експериментальної моделі для випробувань водометного рушія на ефекті електрогідродудару

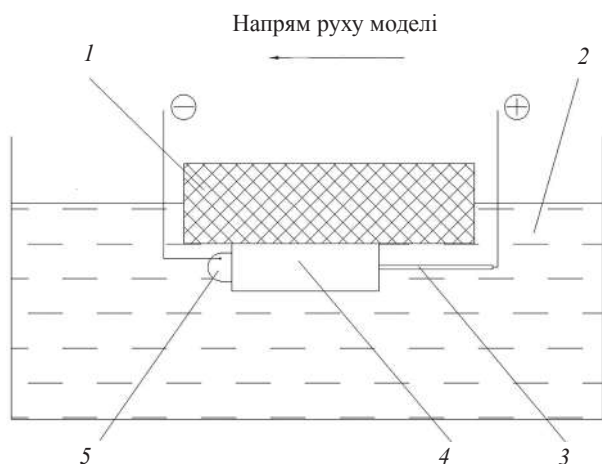


Рис. 9. Схема розташування водомету в другому експерименті:

1 — папенок з пінопласту; 2 — резервуар з водою; 3 — позитивний електрод; 4 — корпус; 5 — відбивач

Таблиця 1. Значення пройденої відстані моделі при заданій напрузі розряду

Напруга розряду U , кВ	5	10	15	20
Пройдена відстань S , см	10	17	24	30



Рис. 10. Експериментальна модель для випробувань водометного рушія на ефекті електрогідродудару в розібраному стані



Рис. 11. Експериментальна модель для випробувань водометного рушія на ефекті електрогідродудару

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] **Малюшевский, П. П.** Явление кумуляции при взаимодействии вихревых колец. (Часть 1. Экспериментальные наблюдения) [Текст] / П. П. Малюшевский // Электронная обработка материалов. — Николаев. — 2005. — № 3. — С. 36–40.
- [2] **Малюшевский, П. П.** Явление кумуляции при взаимодействии вихревых колец. (Часть 2. Обсуждение экспериментальных наблюдений) [Текст] / П. П. Малюшевский // Электронная обработка материалов. — Николаев. — 2005. — № 3. — С. 37–44.
- [3] **Юткин, Л. А.** Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности [Текст] / Л. А. Юткин. — Л. : Машиностроение, Ленинградское отделение, 1986. — 253 с.

© Р. В. Латипов, В. В. Зайцев

Надійшла до редколегії 07.04.2016

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. *Ю. М. Коробанов*