

6. Сівецький В.І. Технології і устаткування для формування виробів з традиційних та інтелектуальних полімерних композиційних матеріалів [монографія] / В.І.Сівецький, О.Є. Колосов, О.Л. Сокольський, І.І. Івцький. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2017. – 120 с.
7. Федер Е. Фрактали / Федер Е. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
8. Ананьева Е.С. Модификация эпоксидианового реактопласта горячего отверждения наноматериалами различной природы / Е.С. Ананьева, М.И. Ананьев, В.Б. Маркин, А.В. Ишков, В.А. Новоженков, А.В. Новоженков, И.С. Ларионова. // Известия Алтайского государственного университета. – 2012. – 3(1)75. – С. 155–159. <http://izvestia.asu.ru/2012/3-1/chem/01.ru.html>
9. Козлов Г.В. Новый подход к фрактальным размерностям структуры полимерных дисперсно-наполненных композитов / Г.В. Козлов, А.К. Микитаев // Механика композитных материалов и конструкций. – 1996. – Т. 2. – №3–4. – С. 144 – 157.
10. Sanditov D.S. The model of fluctuation free volume and cluster model of amorphous polymers / D.S. Sanditov, G.V. Kozlov, V.N. Belousov, Yu.S. Lipatov // Ukrain. Polymer J. – 1992. V. 1. – № 3 – 4. P. 241 – 258.
11. Ролдугин В.И. Фрактальные структуры в материаловедении / В.И. Ролдугин // Материаловедение. – 2005. – №4. – С. 22 – 29.
12. Новиков В.У. Фрактальная механика наполненных полимеров / В.У. Новиков, Г. В. Козлов // Пластические массы. – 2005. – №2. – С. 21 – 27.

**УДК 621.65**

**Ткач П.Ю.**

Науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут атомного та енергетичного насособудування ПАТ «ВНДІАЕН», м. Суми, Україна

### **ПЕРЕВІРКА КАВІТАЦІЙНО-ЕРОЗІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШНЕКОВОВІДЦЕНТРОВОГО СТУПЕНЯ З НАДРОТОРНими ЕЛЕМЕНТАМИ МЕТОДОМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛЕГКОРУЙНІВНИХ ПОКРИТТІВ**

Забезпечення роботи відцентрових робочих коліс без слідів кавітаційного зношування є однією з основних сучасних вимог до живильних насосів атомних і теплових електростанцій і на сьогоднішній день цей ресурс складає не менше 50000 годин. Розглядаючи можливість покращення кавітаційно-ерозійних якостей безбустерних насосів особливу увагу необхідно звернути на конструкції з першим шнекововідцентровим ступенем при цьому одним із перспективних шляхів збільшення кавітаційної зносостійкості шнекововідцентрового ступеня можна виділити використання у конструкції негладкої статорної втулки над передвключеним колесом [1].

Дана робота є продовженням дослідження впливу надроторних елементів над передвключеним колесом на характеристики шнекововідцентрового ступеня насосу і за результатами попередніх робіт [2, 3] були отримані рекомендації щодо геометричних параметрів негладкої статорної втулки з пазами, використання якої дозволило отримати поліпшені кавітаційно-ерозійні характеристики шнекововідцентрового ступеня, що було зафіксовано за допомогою використання методу заміру вібраційних характеристик під час кавітаційних випробувань шнекововідцентрового ступеня на експериментальному стенді. У даному дослідженні використовувалося передвключене колесо з профілем лопаті – дужка круга з виступом, що має одні з найкращих кавітаційно-ерозійних характеристик [4]. Фізичний експеримент проводився на експериментальному стенді ПАТ «ВНДІАЕН», опис експериментального стенду наведено у статті [5]. Було вирішено продовжити це дослідження застосувавши метод оцінки кавітаційно-ерозійних якостей з використанням легкоруйнівних покриттів, що дозволить якісно оцінити і довести правильність отриманих у дослідженні [3] результатів.

Згідно зі статтею [6], автори якої успішно застосовували метод оцінки кавітаційно-ерозійних якостей з використанням легкоруйнівних покриттів, стверджують, що ці покриття дозволяють за короткий час (протягом години) отримати виразні характерні сліди механічної дії кавітації і виявити місця, небезпечні з точки зору кавітаційної ерозії в будь-якому необхідному режимі. Покриття легко наносяться на поверхні деталей

проточної частини і видаляються з них, не вступають в хімічну реакцію з водою. Їх кольори (наприклад: чорний і яскраво-червоний) зручні при фотографуванні картин руйнування на кольорову і чорно-білу плівки. Застосування покриттів обмежено лише температурою води, яка не повинна бути вище 28 ° С.

При намаганні відтворити запропоноване у статті [6] легкоруйнівне лакове покриття виник ряд різноманітних складнощів, а тому після аналізу його складових було вирішено підібрати близькі до складу фарби і лаки, що є у вільному продажу і протестувати їх на досліджуваному об'єкті. Для цього було придбано емаль НЦ-132 червоного кольору, емаль ХС-519 синього кольору та лак КФ-965.

Після проведення ряду випробувальних експериментів було практично з'ясовано, що найкращим серед вищенаведених варіантів легкоруйнівних лакофарбових матеріалів виявилась емаль НЦ-132 червоного кольору, яка була використана надалі у дослідженні.

Так як відомо [4], що дослідження кавітаційно-ерозійних якостей шнековідцентрового ступеня найкраще проводити на режимі з максимальною інтенсивністю кавітаційної ерозії, було встановлено, що для досліджуваного передвключеного колеса такий режим становить 0,75Q від номінальної подачі. Також експериментально було визначено, що необхідний час для отримання чіткого «сліду» від кавітаційної ерозії становить 4 години на режимі 0,75Q від номінальної подачі. Перед випробуваннями передвключене колесо було пофарбоване емаллю НЦ-132 та висушене протягом 2 діб за кімнатною температурою.

Після того, як досліджуване передвключене колесо було змонтовано у складі шнековідцентрового ступеня на експериментальний стенд і проведено фізичний експеримент протягом 4 годин у кавітаційному режимі, в результаті чого легкоруйнівне лакофарбове покриття зазнало пошкоджень, які представлені на рисунку 1.



а



б

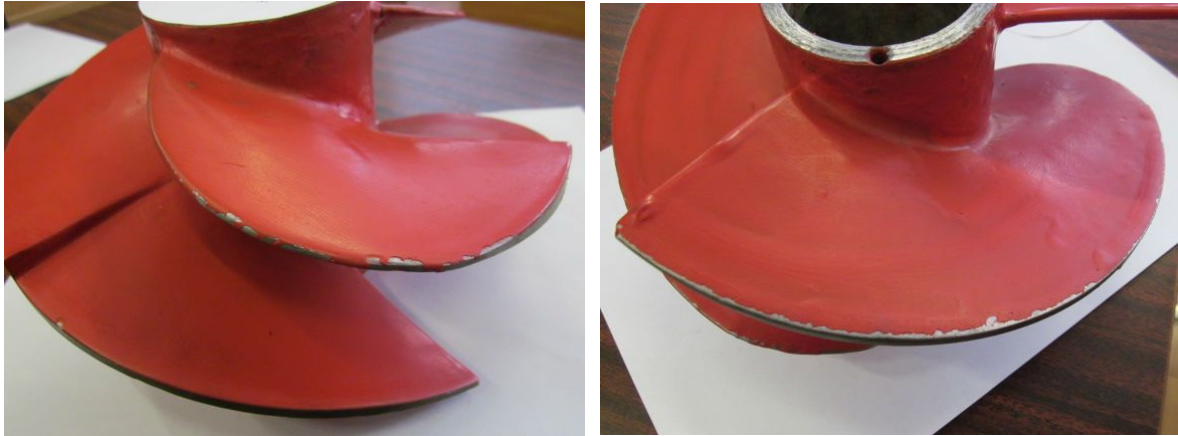
а)

**Рис. 1 – Передвключене колесо, пофарбоване емаллю НЦ-132, після випробувань протягом 4 годин у кавітаційному режимі: а) тильна сторона лопаті; б) робоча сторона лопаті.**

Як видно з рисунку 1 «слід» від кавітаційної ерозії, що викликаний руйнуванням покриття емалі НЦ-132 від схлопування кавітаційних каверн на поверхні лопаті передвключеного колеса, спостерігається на вихідній кромці тильної сторони лопаті, також є менші за площею подразнення посередині робочої сторони лопаті. Картина отриманих пошкоджень якісно співпадає з отриманими раніше результатами з аналогічними за будовою передвключеними колесами [4]. З цього можна зробити висновок, що обране лакофарбове покриття відповідає всім необхідним вимогам по вивченню кавітаційно-ерозійних якостей і може використовуватись у даному дослідженні надалі.

Наступним кроком було обрано надроторну втулку з геометричними параметрами згідно з рекомендаціями [3], яка прогнозовано повинна покращити кавітаційно-ерозійні якості шнековідцентрового ступеня. Її було встановлено над передвключеним колесом

та випробувано за аналогічних умов на режимі  $0,75Q$  від номінальної подачі протягом 4 годин у кавітаційному режимі. Після випробувань було проведено обстеження цілісності легкоруйнівного покриття на передвключеному колесі, яке показало відсутність його руйнування від дії кавітаційної ерозії. Зовнішній вигляд передвключеного колеса після випробувань приведено на рисунку 2, на якому видно лише невеликі подразнення покриття емалі НЦ-132 на периферійних ділянках лопаті передвключеного колеса та її вхідній кромці, які викликані взаємодією з потоком рідини, а не є пошкодженнями від дії руйнування кавітаційних каверн на поверхні лопаті.



а

**Рис. 2 – Передвключене колесо, пофарбоване емаллю НЦ-132, після випробувань протягом 4 годин у кавітаційному режимі з використанням надроторних елементів:**  
а) тильна сторона лопаті; б) робоча сторона лопаті.

Наведені результати наочно демонструють ефективність використання негладкої статорної втулки над передвключеним колесом для покращення кавітаційно-ерозійних якостей шнековідцентрового ступеня та підтверджують отримані раніше рекомендації [3] щодо їх проектування.

#### Список літератури

- 1 Ткач П.Ю. Кавітаційно-ерозійні якості насосів зі шнековідцентровим ступенем: сучасний стан проблеми та перспективи розвитку / О.В. Єлін, П.Ю. Ткач // Промислова гідраліка і пневматика. Всеукраїнський науково-технічний журнал. – 2013.- № 2 (40). – С. 60– 66.
- 2 Ткач П.Ю. Влияние геометрических параметров надроторных элементов предвключенного осевого колеса на кавитационно-эрозионные качества шнекоцентробежной ступени центробежного насоса / П.Ю. Ткач // Збірник доповідей учасників XV Міжнародної науково-технічної конференції «Герметичність, вібронадійність і екологічна безпека насосного і компресорного обладнання» «Гервікон + насоси 2017». – Суми: Триторія, 2017. – С. 124– 134.
- 3 Ткач П.Ю. Проміжні результати дослідження впливу геометричних параметрів над роторних елементів перед включеного осьового колеса на кавітаційно-ерозійні якості шнековідцентрового ступеня відцентрового насоса / П.Ю. Ткач // Матеріали XXII міжнародної науково-технічної конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці» 23-26 травня 2017 року., м. Черкаси, с. 34– 36.
- 4 Жаров Г.А. Методы защиты предвключенных колес от кавитационной эрозии / Жаров Г.А., Жуков В.М., Куценко В.А. // «Лопастные насосы» под ред. Л.П. Грянко и А.Н. Папира. – Л.: Машиностроение, 1975. – С. 209 – 217.
- 5 Ткач П.Ю. Експериментальна установка та методика проведення дослідження впливу надроторних елементів передвключеного осьового колеса на кавітаційно-ерозійні якості шнековідцентрового ступеня насосу / О.В. Єлін, П.Ю. Ткач // Промислова гідраліка і пневматика. – 2014. - № 3(45). – С. 16 – 21.
- 6 Волин В.Э. Ускоренное определение кавитационно-эрозионных качеств гидромашин с помощью легко разрушаемых лаковых покрытий / Волин В.Э., Луначи Э.Д. // Труды ВНИИГидромаша. — 1968. – С. 122 – 131.