

О. С. Безсмертний

Сумський державний університет

## ЗАСТОСУВАННЯ СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ КОЛІС ВІДЦЕТРОВОГО НАСОСА СТВОРЕНИХ МЕТОДОМ 3D ДРУКУ

*Робота присвячена проектуванню стенду для перевірки робочих коліс насосного обладнання, створених за допомогою технології 3D друку. Описані у роботі методи дозволять оцінити ефективність виготовлених робочих коліс та забезпечити їх оптимальну роботу в майбутньому. Ця стаття репрезентована у рамках реалізації договору №ДЗ / 134 - 2022 від 21 жовтня 2022 р. між МОН України та Сумським державним університетом на виконання науково-технічної роботи «Розроблення насоса реакторного відділення для систем спеціальної каналізації реакторів українських атомних електростанцій»*

**Ключові слова:** експериментальні дослідження, насосне обладнання, 3D друк, прототипи, робоче колесо, стенд, абразив, робоча рідина, відцентровий насос, CoPET, позиціонування, дихлоретан, тестування.

O. S. Bezsmertnyi

## APPLICATION OF THE STAND FOR INVESTIGATION OF CENTRIFUGAL PUMP IMPELLERS CREATED BY 3D PRINTING METHOD

*The work is devoted to the design of a stand for checking impellers of pumping equipment created using 3D printing technology. The methods described in the work will make it possible to evaluate the efficiency of the manufactured impellers and ensure their optimal operation in the future. This article is represented in the framework of the implementation of the contract No. DZ / 134 - 2022 of October 21, 2022 between the Ministry of Education and Culture of Ukraine and Sumy State University for the implementation of scientific and technical work "Development of a reactor compartment pump for special sewage systems of reactors of Ukrainian nuclear power plants"*

**Key words:** experimental research, pumping equipment, 3D printing, prototypes, impeller, bench, abrasive, working fluid, centrifugal pump, CoPET, positioning, dichloroethane, testing.

**Постановка проблеми.** Застосування технології 3D друку дозволяє вирішити проблему, пов'язану з важкою і дорогавартісною процедурою виготовлення прототипів робочих коліс для насосного обладнання. Традиційні методи, такі як фрезерування або відливання, вимагають значних витрат часу і коштів на підготовку необхідного обладнання та матеріалів. Крім того, вони можуть бути неефективними у випадку необхідності виготовлення прототипів в невеликих обсягах.

Завдяки 3D друку можливо значно скоротити час і знизити витрати на виготовлення прототипів, а також проводити більш детальні дослідження робочих коліс. Крім того, зміни в конструкції можна внести швидко та легко, що забезпечує швидкий процес вдосконалення робочих коліс.

Таким чином, використання 3D друку є ефективним способом вирішення проблеми виготовлення прототипів робочих коліс для насосного обладнання. Цей метод дозволяє знизити витрати на процес розробки, зменшити час на виготовлення прототипів та створити більш ефективні робочі колеса з високою продуктивністю.

**Аналіз публікацій.** Дослідження з використанням 3D друку робочих коліс насосів є досить новим напрямком, тому публікацій на цю тему ще не так багато. Проте, існує кілька наукових статей та публікацій, які відображають досвід використання 3D друку в цій галузі.

Загальна тенденція у статтях на тему тестування пластику, виготовленого методом 3D-друку, полягає в тому, що цей метод вирішує проблему складності виробництва та використання пластмас з різними властивостями. Для тестування пластиків, що виготовлені методом 3D-друку, дослідження проводяться на їх механічні властивості, міцність, еластичність, стійкість до тертя та інші параметри.

Стаття опублікована в журналі "Additive Manufacturing" у 2018 році, також досліджувала міцність пластику, виготовленого за допомогою 3D друку. У статті описувалась методика тестування міцності зразків з пластику, виготовлених різними технологіями 3D друку. Дослідження виявили, що міцність пластику, виготовленого за допомогою FDM (Fused Deposition Modeling) технології, залежить від налаштувань друкарської машини, таких як швидкість друку, температура і шарова товщина. Крім того, автори статті порівняли міцність пластику, виготовленого за допомогою 3D друку, з міцністю пластику, виготовленого за допомогою традиційних методів виробництва. Результати показали, що пластик, виготовлений за допомогою 3D друку, має меншу міцність порівняно з традиційними методами виробництва[1].

Інша стаття досліджує властивості пластиків, що виготовлені методом FDM (Fused Deposition Modeling) 3D-друку. Дослідження показали, що використання різних типів пластиків, таких як ABS, PLA, PETG, Nylon та інші, дозволяє отримати матеріали з різними механічними властивостями, які можна використовувати для виробництва функціональних деталей [2].

Отже, взагалі можна сказати, що статті, присвячені тестуванню міцності пластику, виготовленого методом 3D друку, демонструють, що міцність залежить від налаштувань друкарської машини і технології виробництва. Крім того, результати досліджень порівнюють міцність пластику, виготовленого за допомогою 3D друку, з міцністю пластику, виготовленого традиційними методами, що дає змогу зробити висновок про конкурентоспроможність технології 3D друку в даній області.

**Мета дослідження.** Розробка методики тестування робочих коліс насосів, виготовлених методом 3D друку з використанням різних технологій і матеріалів, зокрема CoPET, і встановлення оптимального процесу їх виготовлення для забезпечення необхідної міцності та довговічності.

**Методика експерименту.** Основна методика експерименту для даної статті полягає у створенні та тестуванні прототипів робочих коліс за допомогою 3D друку, а також використанні спеціального стенду (Рис.1) для перевірки зносостійкості цих коліс. Детальніше методика експерименту може бути описана наступним чином:

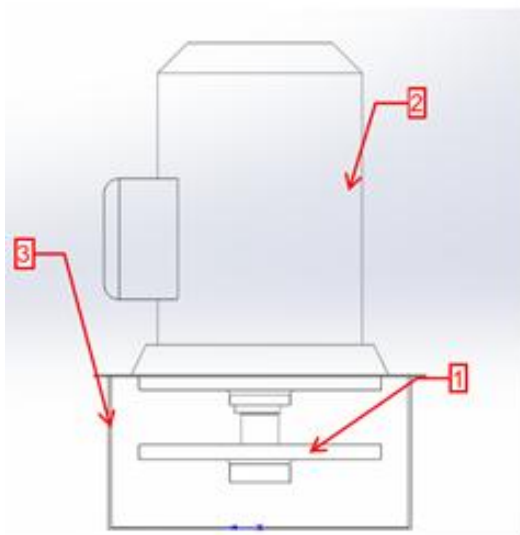
1. Створення 3D моделі робочих коліс.
2. Виготовлення прототипів робочих коліс за допомогою 3D друку:
  - Вибір матеріалу для друку (CoPET) [3].
  - Налаштування параметрів друку (положення робочого колеса відносно столу 3D принтера (Рис.2), друк горизонтально чи вертикально, друк з хімічною обробкою пластику та без неї).
  - Друк прототипів соплом 0.4 мм.
  - Обробка прототипів розчином дихлоретану.
3. Підготовка стенду для перевірки зносостійкості робочих коліс:
  - Заповнення циліндричної ємності абразивною робочою рідиною.
  - Занурення робочого колеса в робочу рідину.
  - Запуск електродвигуна для забезпечення обертання робочого колеса.
4. Тестування прототипів робочих коліс на стенді:
  - Протягом однієї години або до зруйнування колеса проводиться перевірка зносостійкості колеса за допомогою абразивної робочої рідини на стенді.
  - Запис результатів тестування для кожного прототипу робочого колеса, включаючи час тестування та ступінь зносу.
5. Аналіз результатів тестування та вибір оптимальної технології виготовлення прототипів робочих коліс:
  - Порівняння результатів тестування для кожного прототипу робочого колеса.
  - Вибір найбільш зносостійкого прототипу робочого колеса.

**Викладення основного матеріалу.** Основним матеріалом даної статті є дослідження доцільності використання технології 3D друку для створення прототипів робочих коліс насосного обладнання. Для цього запропоновано розробити стенд для перевірки зносу робочих коліс за рахунок застосування абразиву в робочу рідину.

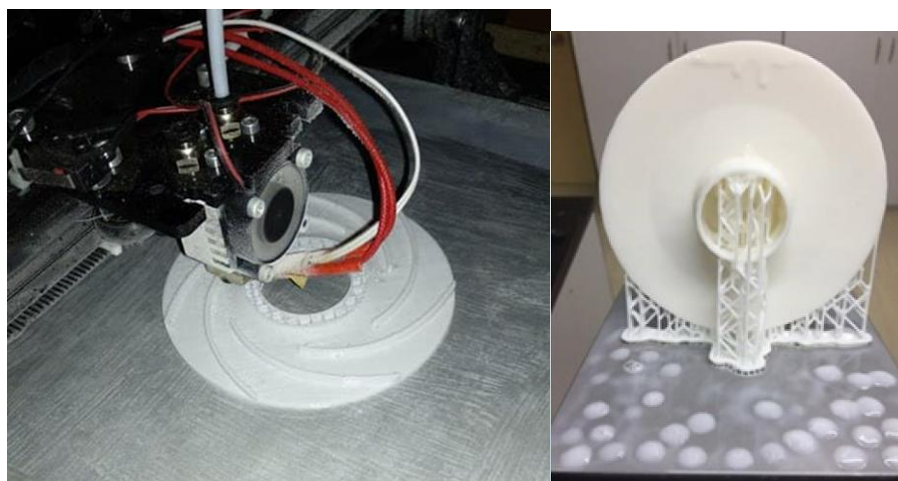
В цій статті розглянуто процес виготовлення прототипів робочих коліс з використанням технології 3D друку. Прототипи виготовлятимуться як суцільними (Рис.3а), так і з покривним диском, який буде друкуватись окремо (Рис.3б). Всі прототипи будуть виготовлені з CoPET. Позиціонування робочого колеса відносно столу 3D принтера буде відбуватися як горизонтально, так і вертикально [4].

Після друку прототипи будуть оброблюватися розчином дихлоретану (Рис.4), що дозволить зменшити шорсткість та заклеїти між собою шари пластику, підвищуючи міцність. Далі проведеться тестування прототипів на стенді, який дозволить оцінити їхню довговічність в умовах абразивного зносу.

Отримані результати дослідження дадуть змогу підібрати оптимальний процес виготовлення прототипів робочих коліс насосного обладнання, що в свою чергу може покращити ефективність та надійність роботи насосного обладнання.



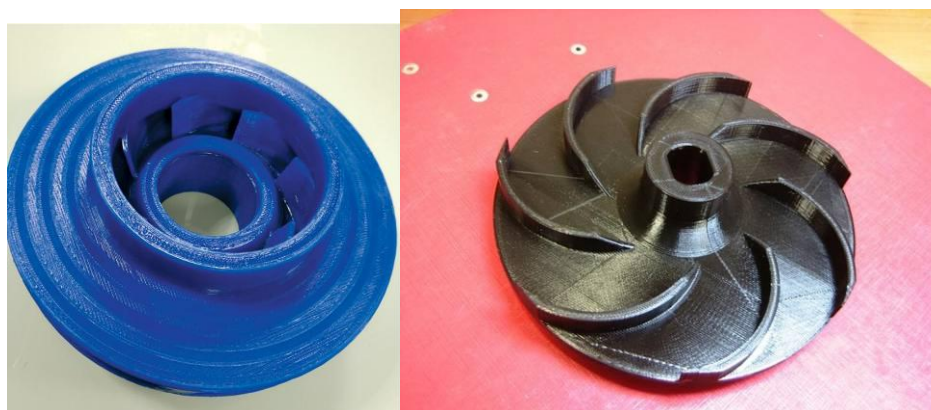
**Рис. 1.** Схема випробувального стенду для прототипів робочих коліс  
 1) робоче колесо; 2) електродвигун; 3) ємність з абразивною робочою рідиною



а)

б)

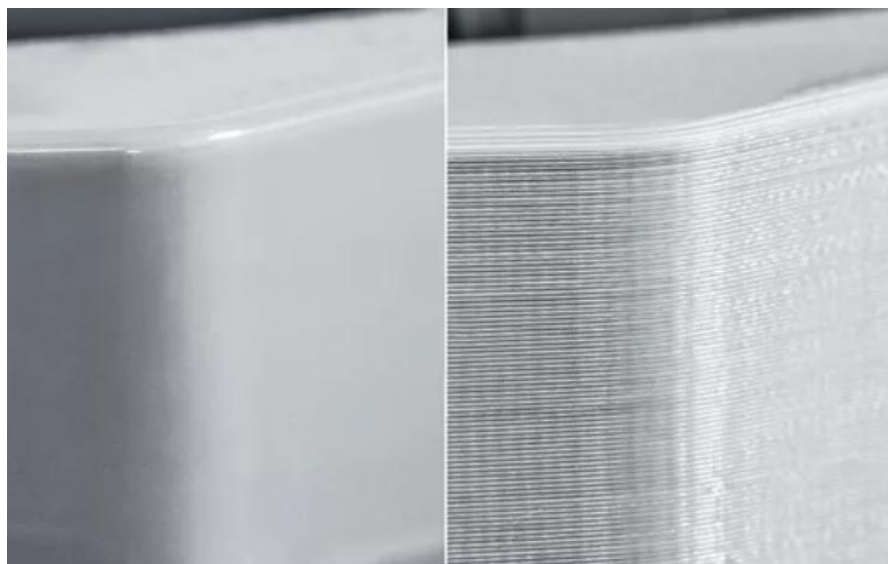
**Рис. 2.** Позичіонування робочого колеса відносно столу 3D принтера  
 а) горизонтально; б) вертикально.



а)

б)

**Рис. 3.** Варіанти виготовлення робочих коліс методом 3D друку  
 а) суцільне робоче колесо; б) покривний диск окремо.



*Рис. 4. Результат обробки пластику дихлоретаном*

**Висновки.** Виготовлення прототипів за допомогою 3D друку дозволяє провести експериментальні дослідження та перевірку ефективності робочих коліс перед їх виготовленням в серійному виробництві.

Таким чином, можна зробити висновок, що запропонована методика створення прототипів робочих коліс методом 3D друку та їх подальша перевірка на спеціальному стенді є важливим етапом у проектуванні насосного обладнання. Розроблений стенд дозволяє перевіряти знос робочих коліс за допомогою застосування абразиву в робочу рідину, що дозволяє підібрати оптимальну технологію виготовлення робочих коліс методом 3D друку. Застосування цієї методики може допомогти вирішити проблему з виготовленням складних геометричних форм робочих коліс, а також знизити час та витрати на їх виробництво.

**Список використаних джерел:**

1. Zolfagharian, A., Kouzani, A. Z., Khoo, S. Y., & Gibson, I. (2018). Strength and fracture toughness of 3D printed ABS material. *Additive Manufacturing*, 21, 190-196.
2. R. E. Starr, J. C. Starnes Jr., A. M. Wood, R. J. Jardine, J. A. Michopoulos, "Effect of FDM process parameters on the mechanical properties of ABS parts," *Additive Manufacturing*, vol. 19, pp. 81-91, 2018.
3. "Influence of Annealing on the Thermal and Mechanical Properties of Co-PET Parts Produced by Fused Filament Fabrication" (2020) автори: A. M. Leão, P. J. R. Gomes, R. F. Silva, та ін.
4. Jia, Z., Geng, P., Li, Y., Liu, X., & Xiong, Y. (2018). Investigation of Positioning Accuracy Improvement in FDM 3D Printing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 98(9-12), 2073-2083.

**Рецензент:**

**Ратушний Олександр Валерійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету.