

# НАДІЙНІСТЬ ГОЛОВНИХ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ НАСОСІВ НА АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

В роботі було розглянуто питання надійності експлуатації головних циркуляційних насосів на АЕС та розробки надійної системи ущільнення вала ГЦН, що забезпечує герметичність і екологічну безпеку

**Ключові слова:** головний циркуляційний насос (ГЦН), атомна електрична станція (АЕС), ущільнення валу, електродвигун, ротор, імпульсні торцеві ущільнення

## Abstract

The paper considers the issues of reliable operation of the main circulation pump (MCP) at NPPs and the development of a reliable MCP shaft sealing system that ensures tightness and environmental safety.

**Keywords:** the main circulation pump (MCP), nuclear power plant (NPP), shaft seals, electric motor, rotor, pulsed mechanical seals

## Вступ

Серед електродвигунів власних потреб особливе місце на АЕС всіх типів займають головні циркуляційні насоси (ГЦН), характеристики і властивості яких багато в чому визначають не тільки схему живлення механізмів власних потреб, а й експлуатаційні характеристики АЕС загалом. Зокрема, ГЦН можуть мати інерцію, достатню для запобігання спрацьовування аварійного захисту реактора при короткочасному (до 0,5-2 сек) зникненні або глибокому (нижче 60%) зниженні напруги на всіх двигунах ГЦН або їх частини [1].

Основна вимога, що висувалася до ГЦН на початку розвитку атомної енергетики, зводилася до повної відсутності протікань, що істотно ускладнювало і здорожувало конструкцію насоса. Робоче колесо, електродвигун і вал були герметизовані в загальному корпусі, що сполучається з трубопроводами контуру. Для зменшення таких протікань розроблені механічні ущільнення валу насоса й відносно нескладні допоміжні контури ущільнювальної води [2].

## Результати дослідження

До найрозповсюджених виходів з ладу ГЦН відносяться циклічна втома і механічний знос. Втома ГЦН може виникнути в результаті циклів напруги/деформацій, викликаних коливаннями навантажень і температур, що повторюються. Механічний знос зазвичай характеризується механічними діями. Коливання ГЦН є вимушеними і обумовлені, в основному, коливаннями від обертання валу. [3].

Імпульсні торцеві ущільнення як альтернатива механічним і гідростатичним торцевим ущільненням були розроблені при проектуванні ущільнень роторів насосів теплоносія реакторів АЕС. Комплексні експериментальні дослідження та натурні випробування показали, що такі ущільнення відповідають жорстким вимогам до надійності, герметичності та ресурсу основного обладнання АЕС. Завдяки цьому імпульсні ущільнення привернули увагу розробників високошвидкісних відцентрових машин для інших галузей промисловості.

Найпростіша конструкція одноступеневого імпульсного ущільнення (рисунок 1) відрізняється від торцевого ущільнення тим, що на торцевій поверхні аксіально рухомого кільця 1 розташовані закриті камери 2, а на обертовому опорному кільці 6 – кілька радіальних підвідних каналів 5, відкритих у бік герметизованої порожнини. Через ці канали герметизоване середовище під тиском  $P_1$  нагнітається в

камери в ті короткі проміжки часу  $t_c = \frac{\beta_c}{\omega}$ , протягом яких обертові канали 5 проходять повз камери

2. В ці моменти тиск  $P_2$  в камерах різко зростає до  $P_{2\max} = P_1$  мінус інерційний тиск  $P_* = 0,5\rho(r_3^2 - r_2^2)\omega^2$ , який виникає в обертових радіальних каналах живильників. Змінюючи форму живильників, можна дещо змінювати величину  $P_*$ , а отже, і величину  $P_{2\max} = P_1 - P_*$ .

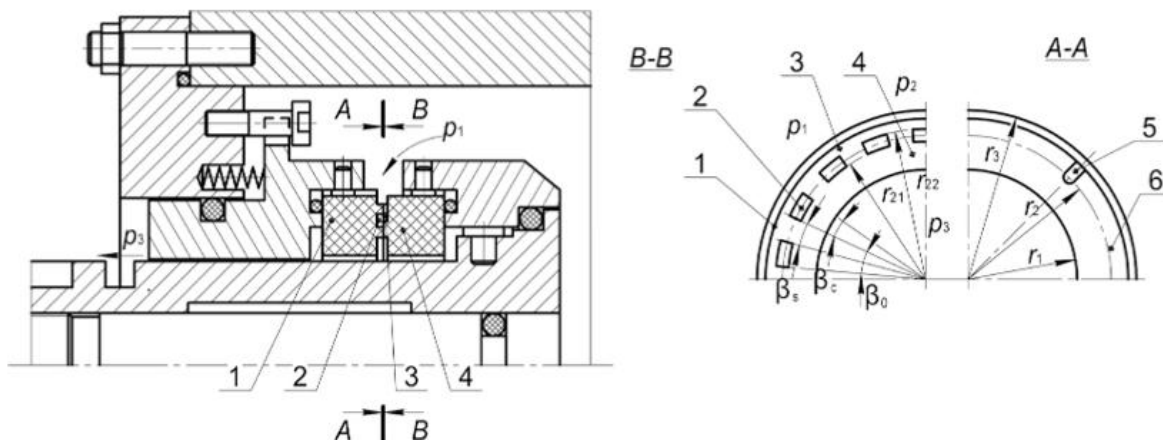


Рис. 1 – Найпростіша конструкція одноступеневого імпульсного ущільнення

Інерційний напір можна повністю усунути, розмістивши живильники на кільці, що не обертається, а камери – на кільці, що обертається. Для вибору конструктивних параметрів, що забезпечують необхідні характеристики ущільнень у представленому діапазоні зміни тиску, необхідно розробити методику їх розрахунку [4].

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Особливості електричної частини АЕС – схеми приєднання ГЦН, забезпечення стійкості роботи при КЗ. URL: <https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/osobennosti-elektricheskoy-chasti-aes-8.html>
2. Розроблення, виробництво та експлуатація тепловідільних елементів енергетичних реакторів. URL: [https://www.studmed.ru/reshetnikov-f-g-red-razrabotka-proizvodstvo-i-ekspluataciya-teplovydelyayuschih-elementov-energeticheskikh-reaktorov-v-2-kn-kn-1\\_dfdf34ab56c.html](https://www.studmed.ru/reshetnikov-f-g-red-razrabotka-proizvodstvo-i-ekspluataciya-teplovydelyayuschih-elementov-energeticheskikh-reaktorov-v-2-kn-kn-1_dfdf34ab56c.html)
3. Матеріали ядерних енергетичних установок. URL: <https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/materialy-yadernyh-energeticheskikh-ustanovok.html>
4. Підвищення надійності й екологічної безпеки ущільнювань головних циркуляційних насосів. URL: <https://nuclear-journal.com/index.php/journal/article/view/681/563>

**Кузьменко Роман Миколайович** – студент, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [www.unrear@ukr.net](mailto:www.unrear@ukr.net)

**Тептя Віра Володимирівна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [teptyavira@gmail.com](mailto:teptyavira@gmail.com)

**Kuzmenko Roman M.** – student, Vinnitsa National Technical University, student of the department of electric power stations and systems; Vinnitsa, Ukraine; e-mail: [www.unrear@ukr.net](mailto:www.unrear@ukr.net)

**Teptia Vira V.** - Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the department of electric power stations and systems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [teptyavira@gmail.com](mailto:teptyavira@gmail.com)