

**Олександр Володимирович Герба**

аспірант кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин  
Національний університет водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)  
E-mail: o.v.herba@nuwm.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7592-800X>

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПІРАЛЕПОДІБНИХ  
ТУРБІН ДЛЯ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ЯДЕРНИХ УСТАНОВОК**

В умовах сучасних загроз, особливо за обставин воєнного стану під час війни з росією, безпека атомних електростанцій потребує підвищених заходів захисту та вимог до надійності систем безпеки. Забезпечення безперервного живлення систем охолодження, вентиляції, аварійного реагування та контролю стану реакторів є критичним для запобігання катастрофічним наслідкам. Однією з ключових проблем є ризик раптового відключення енергопостачання через зовнішні фактори або пошкодження інфраструктури. У таких ситуаціях автономні генератори стають необхідним засобом забезпечення безпеки. У статті розглянуто конструктивні особливості спіралеподібних турбін, аналізуються результати проведених досліджень та можливості їх застосування, зокрема для роботи з водяними потоками низького напору. Для експериментального аналізу використовувалася спеціальна лабораторна установка, яка дозволяє моделювати різні умови водного потоку. Проведено серію експериментів для оцінки таких параметрів, як швидкість обертання турбіни, вихідна напруга та ефективність генерації електроенергії за різних режимів навантаження та рівнів води. Висвітлено перспективи інтеграції спіралеподібних турбін у системи резервного енергопостачання ядерних об'єктів. Завдяки своїм конструктивним особливостям ці турбіни можуть ефективно працювати в потоках із мінімальним напором води, що дозволяє застосовувати їх у замкнених системах циркуляції або для аварійного відведення тепла з активної зони реакторів. Це сприяє підвищенню автономності систем контролю та забезпечує додаткове джерело живлення для критично важливих вузлів, що мінімізує ризики перегрівання ядерного палива в разі відмови основних електричних систем. Таким чином, запропоновані рішення зі спіралеподібними турбінами сприяють підвищенню стійкості ядерних об'єктів до зовнішніх впливів, забезпечують автономність та мінімізують ризики аварійних ситуацій в умовах нестабільного енергопостачання.

Ключові слова: турбіна; енергоефективність; спіралеподібна турбіна; атомна електростанція; ядерна безпека; резервне енергопостачання; охолодження реактора; пасивне тепловідведення; рециркуляція води.

Табл.: 1. Рис.: 6. Бібл.: 8.

**Актуальність теми дослідження.** Атомні електростанції (АЕС) є критичною інфраструктурою, де безперервне охолодження та стабільне постачання енергії виступають ключовими чинниками забезпечення безпеки. Під час російського вторгнення 2022 року було окуповано найбільшу в Європі атомну електростанцію – Запорізьку АЕС. Такі події яскраво продемонстрували вразливість енергетичних систем перед обличчям безпрецедентних загроз для ядерної безпеки. Небезпеку від радіаційного забруднення досі важко передбачити. Вона може проявитися досить швидко, подібно до променевої хвороби, а може позначитися через роки [1]. Це акцентує увагу на необхідності розробки ефективних рішень для запобігання аварійним ситуаціям і мінімізації їхніх наслідків.

**Постановка проблеми.** У статті розглянуто проблему забезпечення стабільної роботи систем охолодження атомних електростанцій в умовах можливих аварійних ситуацій. Відзначено необхідність пошуку і впровадження більш надійних автономних і пасивних енергетичних рішень, які можуть забезпечити безперервність критичних процесів на АЕС.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У процесі дослідження раціональних умов роботи різних типів турбін, що працюють при малих напорах, а також на основі аналізу шнекових турбін [2] і вивчення праць Шаубергера [3] та Оніпка [4], було визначено конструктивні рішення для проєктування покращеної спіралеподібної турбіни [5]. Ця турбіна використовуватиме можливості природного завихрення водного середовища з максимальною ефективністю.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** У цій роботі досліджено потенціал застосування спіралеподібних турбін у системах охолодження ядерних об'єктів. Зокрема, аналізуються їхні конструктивні особливості, що можуть сприяти підвищенню продуктивності та енергоефективності. Водночас залишається недостатньо вивченим вплив різних параметрів турбіни на ефективність теплообміну, а також оптимальні режими її роботи в умовах змінних навантажень.

**Мета дослідження** полягає у визначенні раціональної конструкції серед досліджуваних моделей спіралеподібних турбін для забезпечення їхньої енергоефективності, надійності та безпеки в системах охолодження ядерних об'єктів. Особливу увагу приділено оцінці ефективності перетворення енергії водного потоку в механічну та електричну енергію за умов стабільної роботи турбін при низькому напорі води.

**Результати досліджень.** Запропоновані турбіни мають значний потенціал для інтеграції в системи охолодження АЕС для ядерної безпеки завдяки їхнім конструктивним характеристикам і можливостям забезпечувати надійну роботу за умов низьких напорів та обмежених ресурсів. Їх використання може значно посилити автономність і стійкість критично важливих систем, які забезпечують безпеку на атомних електростанціях. Нижче розглянуто основні напрями застосування спіральних турбін у системах охолодження ядерних об'єктів.

**Автономні системи охолодження.** Автономне охолодження є критично важливим компонентом ядерної безпеки, що забезпечує підтримку безпечної температури реакторного обладнання в умовах відсутності зовнішнього енергопостачання. Спіралеподібні турбіни забезпечують стабільний запуск і функціонування при низьких витратах, що є важливим у надзвичайних ситуаціях, коли доступ до води може бути обмеженим. Такі турбіни можуть бути інтегровані в системи природної або примусової циркуляції охолоджувальної рідини.

**Аварійне електропостачання.** Під час аварійних ситуацій, таких як відключення основних джерел енергії, спіральні турбіни можуть забезпечувати резервне електропостачання для критично важливих систем, включаючи контроль реактора, системи вентиляції та моніторинг стану обладнання.

**Рециркуляція води для пасивного тепловідведення.** Ефективна рециркуляція води є важливою для забезпечення пасивного тепловідведення з реактора та інших теплоємних елементів атомної електростанції. Спіралеподібні турбіни можуть використовуватися для підтримки циркуляції води між реактором і природними водними джерелами (річками, озерами) або замкнутими системами охолодження.

Однією з ключових переваг цих турбін є їхня здатність до запуску й стабільної роботи в умовах низького потоку води. Це особливо важливо для аварійних ситуацій, коли звичайні умови функціонування енергетичних систем порушені. Конструктивні особливості оптимальної спіралеподібної турбіни для використання в системах охолодження ядерних об'єктів такі. Спіралеподібна турбіна [5; 6; 7] з прямими лопатями та звуженим корпусом (рис. 1) має унікальні механічні переваги перед класичною шнековою турбіною та продуктивніша за інші спіралеподібні турбіни.

Рисунок 1 демонструє внутрішню структуру конструкції турбіни, де лопаті 3 з'єднують корпус 2 з валом 1 вздовж всієї турбіни. Звужена конструкція зменшує площу виходу потоку  $\Delta S > \Delta S_1$ , створюючи додаткову реактивну тягу, що підвищує ефективність завдяки зниженню необхідної швидкості потоку для запуску. Це особливо корисно для систем, де контроль швидкості потоку обмежений, наприклад, в аварійних системах охолодження на АЕС. Практичні випробування спіралеподібної турбіни продемонстрували її вищу ефективність за умов низького напору. Було зафіксовано значне зниження мінімальної швидкості потоку, необхідної для запуску турбіни, що зумовлено використанням звужувального корпусу та ефекту маховика.

Експериментальні дослідження моделей спіралеподібних [5] турбін вимагають відтворення умов, максимально наближених до реальних. Для цього було використано спеціальну лабораторну установку, яка забезпечує широкий спектр регульованих параметрів і стабільність вимірювань. Високий рівень відтворюваності результатів досягається завдяки вдосконаленим методикам досліджень та використанню сучасних сенсорів для вимірювання характеристик водяного потоку [8].

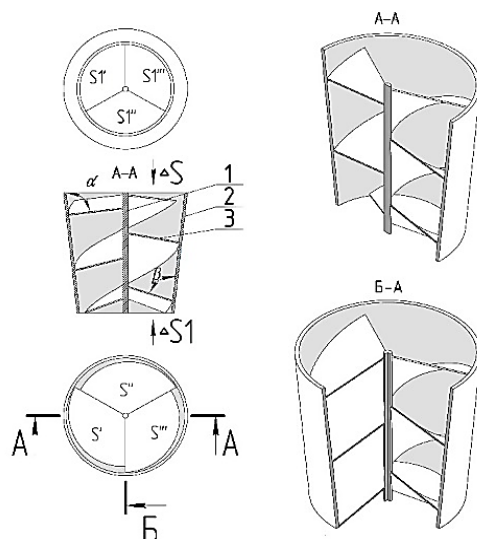


Рис. 1. Схема турбіни з прямими спіралеподібними лопатями зі звуженням корпусу:  
 1 – вал; 2 – корпус; 3 – лопать

Джерело: розроблено автором.

Лабораторна установка складається з трьох функціональних зон: напірний бак з трикутним вимірювальним водозливом, зона стабілізації потоку із заспокійливими решітками, та робоча частина з експериментальним пристроєм для турбін. Вода подається по трубопроводу і проходить через систему вимірювання глибини, після чого повертається в резервуар насосної станції. Для контролю рівня використовується засувка, що дозволяє змінювати напір на вході (рис. 2).

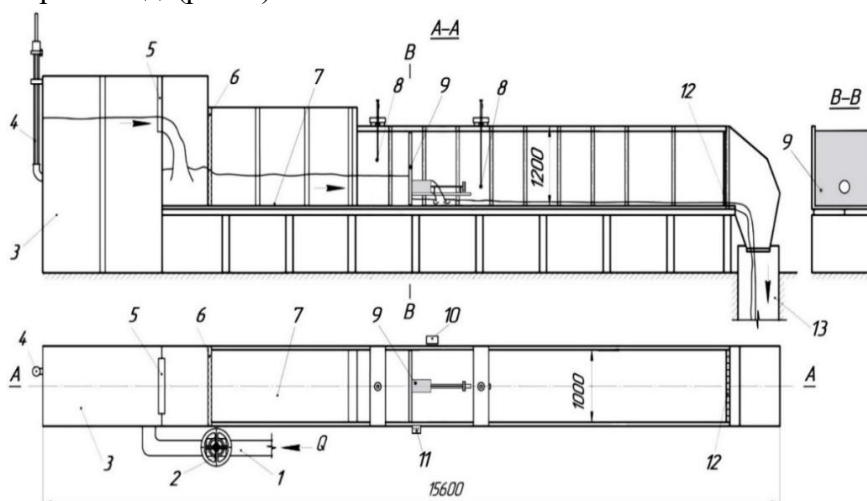
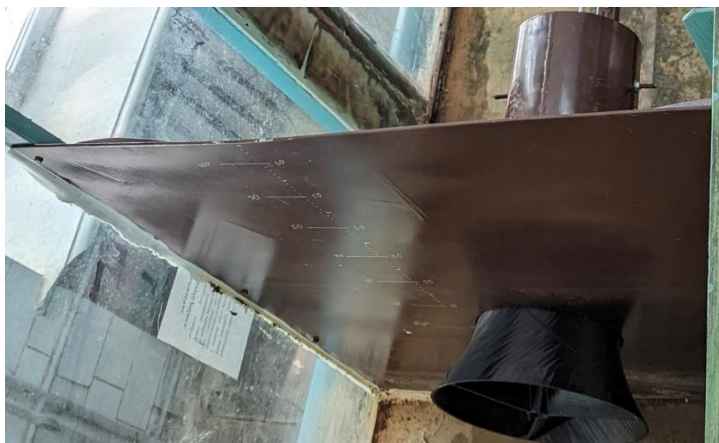


Рис. 2 – Функціональна схема лабораторної установки:  
 1 – підвідний трубопровід; 2 – засувка; 3 – голова лотка; 4 – п'єзометр для визначення напору на трикутному водозливі; 5 – вимірювальний трикутний водозлив; 6 – заспокійлива решітка; 7 – лотік лабораторної установки; 8 – датчики рівня води та шпигун масштаби; 9 – експериментальний пристрій для дослідження; 10 – автоматичний контролер; 11 – блок керування навантаженням; 12 – шпигуний затвор; 13 – резервуар для відведення води

Експериментальний пристрій 9 дозволяє легко змінювати досліджувані моделі турбін, які встановлюються на одній осі з генератором. Конструкція пристрою забезпечує можливість створення різних напорів води та дозволяє оцінювати ефективність роботи турбін за різних умов навантаження (рис. 3).



*Рис. 3. Зовнішній вигляд експериментального пристрою з контрольними позначками рівня води у верхньому б'єфі*

Джерело: розроблено автором.

Щоб якісно провести аналіз отриманих показників з генератора, в блоці керування навантаженням *II* було збільшено електричне навантаження до трьох лампочок (рис. 4) загальною потужністю 63 Вт (3\*21 Вт), що забезпечило можливість зняття показів без навантаження та в трьох режимах навантаження.



*Рис. 4. Зовнішній вигляд блоку з електричним навантаженням*

Джерело: розроблено автором.

Також збільшено до п'яти кількість контрольних відміток для зняття показів рівня води у верхньому б'єфі (рис. 3).

Лабораторна установка забезпечує високу точність і надійність експериментів, що сприяє отриманню достовірних даних для визначення найефективнішої моделі турбіни. Для визначення ефективності було проведено дослідження трьох моделей спіралеподібних турбін, а саме: турбіна зі спіралеподібними лопатями зі звуженням корпусу (I); турбіна зі спіралеподібними лопатями, які збільшуються в об'ємі (II); турбіна з будовою лопатей за принципом золотої спіралі (III). У результаті планування експериментів були визначені основні параметри, які необхідно контролювати під час досліджень. До цих параметрів віднесено:  $n_x$  – кількість обертів турбіни в режимі холостого ходу та під навантаженням, об/хв;  $U_x$  – вироблена напруга в різних режимах навантаження, В;  $h_x$  – рівень води у верхньому б'єфі, см;  $h_0$  – рівень води у верхньому б'єфі, при якому проходить страгування турбіни, см;  $P_x$  – навантаження потужністю 0 Вт/ 21Вт/ 42Вт/ 63Вт. Під час проведення експериментів всі показники записувалися в таблицю (табл. 1) для подальшого аналізу та формулювання висновків. Контрольні експерименти дали базу для оцінки продуктивності

цих моделей. Для визначення найкращого варіанту моделі турбіни на основі аналізу впливу рівня води у верхньому б'єфі на конструкції досліджуваних турбін у режимах холостого ходу ( $P_1$ ) та під навантаженням ( $P_2, P_3, P_4$ ), кожній із моделей надається по шість значень рівня верхнього б'єфа ( $h$ ). Таким чином, для оцінки ефективності різних варіантів серед досліджуваних турбін необхідно провести  $3 \cdot 24 = 72$  експерименти, під час яких буде отримано 144 показники.

Таблиця 1 – Отримані показники досліджуваних моделей спіралеподібних турбін

Модель	$P$	$h_0, \text{см}$	$h, \text{см}$	20	30	40	50	60
Турбіна з будовою лопатей за принципом золотої спіралі (III)	$P_1$	11,3	$U_1, B$	9	13	16,7	20	23,7
			$n_1, \text{об/хв}$	212	311	403	491	602
	$P_2$	13,5	$U_2, B$	6,8	10,2	14	17,5	20,9
			$n_2, \text{об/хв}$	163	247	330	420	517
	$P_3$	14,7	$U_3, B$	5,2	8	12	15,5	18,1
			$n_3, \text{об/хв}$	129	187	285	368	437
	$P_4$	15,8	$U_4, B$	3,9	6,7	10,3	13,5	16,2
			$n_4, \text{об/хв}$	105	160	248	321	388
Турбіна з спіралеподібними лопатями, які збільшуються в об'ємі (II)	$P_1$	9	$U_1, B$	9,4	14,1	17,3	20,5	23,9
			$n_1, \text{об/хв}$	223	333	417	504	607
	$P_2$	12	$U_2, B$	7,5	11,7	14,5	17,8	21,3
			$n_2, \text{об/хв}$	178	280	342	428	532
	$P_3$	13,4	$U_3, B$	5,8	9,1	12,6	15,7	18,6
			$n_3, \text{об/хв}$	143	214	300	375	450
	$P_4$	15	$U_4, B$	4,5	7,4	10,8	13,6	16,5
			$n_4, \text{об/хв}$	113	177	259	322	396
Турбіна з спіралеподібними лопатями зі звуженням корпусу (I)	$P_1$	8,8	$U_1, B$	10,2	14,6	18,5	21,8	24,7
			$n_1, \text{об/хв}$	247	343	447	545	630
	$P_2$	11,9	$U_2, B$	7,9	12	15,2	18,8	21,2
			$n_2, \text{об/хв}$	185	285	362	454	527
	$P_3$	13,4	$U_3, B$	6,3	9,5	13,1	16,4	18,6
			$n_3, \text{об/хв}$	154	227	314	392	450
	$P_4$	14,9	$U_4, B$	4,7	7,6	11,3	14	16,9
			$n_4, \text{об/хв}$	116	180	268	330	407

Джерело: розроблено автором.

Щоб провести порівняння результатів експериментів, усі досліджувані моделі турбін виготовлені з однаковими геометричними параметрами ( $\varnothing 200 \text{ мм} / 210 \text{ мм}$ ), а їхня вага приведена до 1100 грамів шляхом додаткового намотування дроту на корпус із подальшим балансуванням. Відхилення за масою становило допустимих  $\pm 5 \%$ .

Дослідження проводилися для кожної комбінації рівнів контрольованих факторів, що дало змогу визначити залежності, які відображають ефективність роботи турбін за заданих умов. У табл. 1 наведено результати, які відображають залежність частоти обертання та вихідної напруги від параметрів водного потоку і навантаження. Особливу увагу приділено рівню води ( $h_0$ ), при якій турбіни почали обертатися у водному потоці, спрямованому під кутом  $90^\circ$  до поверхні лопатей. Це дозволило визначити мінімальні вимоги до гідродинамічних умов для стабільного запуску турбін. Після проведення експериментів із досліджуваними моделями турбін на кожному рівні висоти води у верхньому б'єфі ( $h$ ) та при змінних значеннях навантаження ( $P$ ) виконано аналіз впливу цих факторів на вихідні параметри: швидкість обертання турбіни ( $n$ ) та електричну напругу ( $U$ ). Це дозволило обрати оптимальну модель турбіни та оцінити її енергоефективність.

За результатами аналізу найефективнішою виявилася спіралеподібна турбіна з прямими лопатями та звуженим корпусом. Для візуалізації та порівняння ефективності моделей турбін побудовано графіки залежності параметрів для моделі з найкращими показниками (рис. 5, 6).

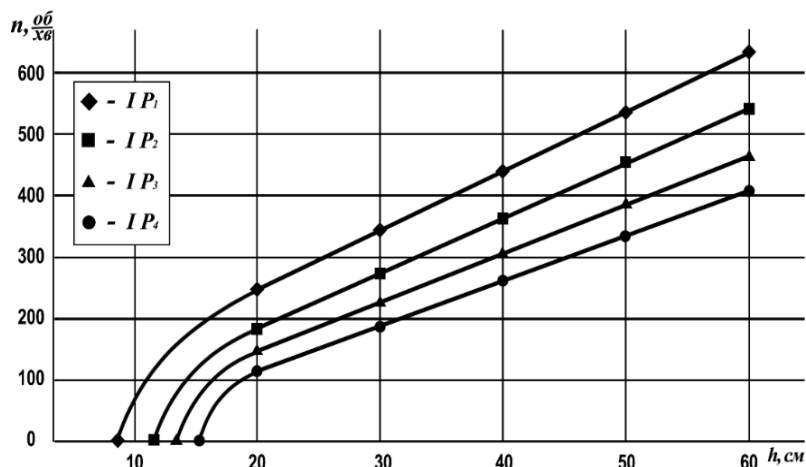


Рис. 5. Графік залежності вироблення генератором та турбіною з прямими спіралеподібними лопатями зі звуженням корпусу (I), обертів ( $n$ ) в різних режимах навантаження ( $P_1, P_2, P_3, P_4$ ) від рівня води у верхньому б'єфі ( $h$ )

Джерело: розроблено автором.

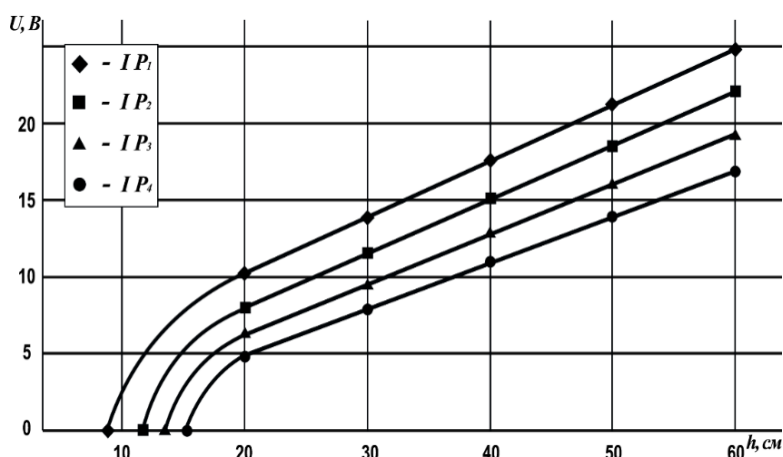


Рис. 6. Графік залежності вироблення генератором та турбіною з прямими спіралеподібними лопатями зі звуженням корпусу (I), напруги  $U$  в різних режимах навантаження ( $P_1, P_2, P_3, P_4$ ) від рівня води у верхньому б'єфі  $h$

Джерело: розроблено автором.

**Аналіз результатів досліджень.** Для визначення найефективнішої конструкції турбіни та дослідження взаємозв'язку висоти води у верхньому б'єфі з навантаженням на моделі турбін, що працюють у направленому потоці під кутом  $90^\circ$  до лопатей, було проведено порівняння параметрів різних моделей спіралеподібних турбін.

У випадку спіралеподібної турбіни з прямими лопатями та звуженим корпусом за максимального рівня води  $h = 60$  см зафіксовано найвищі показники серед усіх досліджуваних турбін (табл. 1):

- швидкість обертання  $n_1 = 630$  об/хв;
- вироблена електрична напруга  $U_1 = 24,7$  В.

Водночас найнижчі показники турбіни з будовою лопатей за принципом золотої спіралі у режимі холостого ходу становили (табл. 1):

- швидкість обертання  $n_1 = 602$  об/хв;
- вироблена електрична напруга  $U_1 = 23,7$  В.

Навантаження на турбіни значно впливає на їхню швидкість обертання та генерацію електричної енергії. Як показано на рис. 5 і 6, зі збільшенням навантаження частота обертання досліджуваних турбін знижується, що призводить до відповідного зменшення

напруги на виході генератора. Зокрема, при максимальному навантаженні ( $P_4$ ) частота обертання і напруга на генераторі спіралеподібної турбіни з прямими лопатями та звуженим корпусом становлять  $U_4 = 16,9$  В і  $n_4 = 407$  об/хв, тоді як для генератора спіралеподібної турбіни з будовою лопатей за принципом золотої спіралі –  $U_4 = 16,2$  В і  $n_4 = 388$  об/хв. Конструктивні відмінності та однакова маса досліджуваних турбін забезпечили перевагу моделі з прямими лопатями та звуженим корпусом у порівнянні з турбіною з будовою лопатей за принципом золотої спіралі та іншими дослідженими варіантами. Зокрема, напруга при холостому ході ( $P_1$ ) зросла на 4,2 %, а при максимальному навантаженні ( $P_4$ ) – на 4,3 %.

Слід зазначити, що момент страгування за найнижчого рівня води також був продемонстрований турбіною з прямими лопатями та звуженим корпусом. Необхідно продовжити експериментальні дослідження для порівняння ефективності роботи спіралеподібних турбін з іншими типами шнекових та гвинтових турбін. Особливу увагу слід приділити визначенню коефіцієнта корисної дії (ККД) у порівнянні з класичними турбінами, що дозволить оцінити переваги та можливості цих турбін у сучасні енергетичні системи.

**Висновки.** Спіралеподібні турбіни мають значний потенціал для підвищення надійності та автономності систем охолодження ядерних об'єктів. Завдяки унікальним конструктивним характеристикам, таким як здатність працювати за низького напору та забезпечувати стабільну генерацію енергії навіть за мінімальних витрат води, ці турбіни є перспективними для інтеграції в системи охолодження, аварійного електропостачання та рециркуляції води.

Використання спіралеподібних турбін як автономних генераторів дає змогу знизити ризики відмов енергосистем у надзвичайних ситуаціях, забезпечити стабільне тепловідведення з активної зони реактора та підтримувати безперебійне живлення критично важливих систем. Такий підхід зменшує залежність від зовнішнього енергопостачання і мінімізує вплив зовнішніх загроз на безпеку атомних електростанцій. Впровадження цих технологій відповідає сучасним вимогам енергоефективності та надійності, а також сприяє підвищенню стійкості АЕС до зовнішніх впливів. Подальші дослідження мають бути спрямовані на інтеграцію спіралеподібних турбін у діючі енергосистеми АЕС, моделювання та оптимізацію їхньої роботи за різних експлуатаційних режимів, а також на оцінку довгострокової надійності та економічної ефективності використання цих турбін у реальних умовах.

Отже, спіралеподібні турбіни не лише підвищують рівень безпеки атомної енергетики, а й відкривають нові перспективи для забезпечення сталого розвитку енергетичної галузі.

### Список використаних джерел

1. Овчинніков, О. Атомні електростанції під час війни. Недопустима небезпека [Електронний ресурс] / Олексій Овчинніков // Еко.Район – просвітницьке медіа. – 17.03.2022. – Режим доступу: <https://eco.rayon.in.ua/topics/498209-atomni-elektrostantsii-pid-chas-viyni-nedopustima-nebezpeka>.
2. Умбетов, Е. С. Анализ классификации конструкций микро-ГЭС [Электронный ресурс] / Е. С. Умбетов, Ш. К. Шоколакова // Промышленный Казахстан. – 2014. – № 1. – Режим доступа: <http://cawater-info.net/bk/dam-safety/files/umbetov-shokolakova.pdf>.
3. Schaubberger, V. *The Energy Evolution: Harnessing Free Energy from Nature* / V. Schaubberger. – Gateway, 2000). – 272 p.
4. Китаев, Н. «Ротор онипко» в Украине [Електронний ресурс] / Н. Китаев // SAVENERGY.INFO. – 22.12.2014. – Режим доступу: <https://SAVENERGY.INFO/PAGE/ROTOR-ONIPKO-V-UKRAINE>.
5. Герба, О. В. Патент на корисну модель UA 150304 U. Турбіна зі спіралеподібними лопатями. Україна. Національний орган інтелектуальної власності / О. В. Герба; Державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій» // Офіційний електронний бюлетень. – 26.01.2022. – № 4, Том 1. F 03. – С. 4.12.



6. Герба, О. В. Використання турбін зі спіралеподібними лопатями / О. В. Герба // Вісник НУВГП. Технічні науки. – 2023. – Вип. 4(104). – С. 3-12. DOI: <https://doi.org/10.31713/vt420231>.

7. Герба, О. Експериментальні дослідження моделей турбін малих гідроелектростанцій / О. В. Герба // Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International Scientific and Practical Conference. – 2024. -№ 7. – Pp. 91–94.. DOI: <https://doi.org/10.31713/MCIT.2024.024>.

8. Рябенко, О. А. Хвилястий стрибок : монографія /О. А. Рябенко. – Рівне : НУВГП, 2022. – 277 с.

### References

1. Ovchynnikov, O. (17.03.2022). Atomni elektrostantsii pid chas viiny. Nedopustyma nebezpeka [Nuclear power plants during war. Unacceptable danger]. *Eco.Rayon - educational media*. <https://eco.rayon.in.ua/topics/498209-atomni-elektrostantsii-pid-chas-viyni-nedopustyma-nebezpeka>.

2. Umbetov, E.S., Shokolakova, Sh.K. (2014). Umbetov, E. S. Analiz klassifikatsii konstrukttsii mikroGES [Analysis of the classification of micro-hydroelectric power structures]. *Promyshlennyi Kazakhstan – Industrial Kazakhstan*, (1). <http://cawater-info.net/bk/dam-safety/files/umbetov-shokolakova.pdf>.

3. Schaubberger, V. (2000). *The Energy Evolution: Harnessing Free Energy from Nature*. Gateway.

4. Kitaev, N. (22.12.2014). «Rotor onypko» v Ukrainy [“Onipko rotor” in Ukraine]. *SAVENERGY.INFO*. <https://SAVENERGY.INFO/PAGE/ROTOR-ONIPKO-V-UKRAINE>.

5. Herba, O.V. (26.01.2022). *Turbina zi spiralepodibnymy lopatiamy [Turbine with spiral blades]*. Patent for utility model UA 150304 U.

6. Herba, O.V. (2023). Vykorystannia turbin zi spiralepodibnymy lopatiamy [Use of turbines with spiral blades]. *Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky – Bulletin of the National University of Hydropower. Technical Sciences*, 4(104), 3-12. <https://doi.org/10.31713/vt420231>.

7. Herba, O.V. (2024). Eksperymentalni doslidzhennia modelei turbin malykh hidroelektrostantsii [Experimental studies of turbine models of small hydroelectric power plants]. *Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International Scientific and Practical Conference*, (7), 91–94. <https://doi.org/10.31713/MCIT.2024.024>.

8. Riabenko, O.A. (2022). *Khvyliastyi strybok [Wavy jump]*. NUVHP.

Отримано 14.12.2024

UDC 621.438:621.499.3

### Oleksandr Herba

PhD student at the Department of Hydropower Engineering, Thermal Power Engineering, and Hydraulic Machines  
National University of Water and Environmental Engineering (Rivne, Ukraine)

E-mail: [o.v.herba@nuwm.edu.ua](mailto:o.v.herba@nuwm.edu.ua). ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7592-800X>

### SPIRAL TURBINES IN NUCLEAR FACILITY COOLING SYSTEMS

*In the context of modern threats, particularly during martial law and the war with Russia, the safety of nuclear power plants requires enhanced protective measures and stringent reliability standards for safety systems. Ensuring uninterrupted power supply for cooling, ventilation, emergency response, and reactor control systems is critical to preventing catastrophic consequences. One of the key challenges is the risk of sudden power outages caused by external factors or infrastructure damage [1]. In such situations, autonomous generators become an essential means of ensuring safety.*

*This article examines the design features of spiral turbines, analyzes research results, and explores their potential applications, particularly in working with low-head water flows. A specialized laboratory setup was used for experimental analysis, enabling the simulation of various water flow conditions. A series of experiments was conducted to evaluate parameters such as turbine rotational speed, output voltage, and energy generation efficiency under different load conditions and water levels.*

*The article highlights the prospects of integrating spiral turbines into backup power systems for nuclear facilities. Owing to their design features, these turbines can efficiently operate in water flows with minimal head, making them suitable for use in closed-loop circulation systems or for emergency heat removal from reactor cores. This increases the autonomy of control systems and provides additional power sources for critical components, minimizing the risk of nuclear fuel overheating in case of main power system failures.*

*Thus, the proposed solutions using spiral turbines enhance the resilience of nuclear facilities to external impacts, ensure autonomy, and minimize the risks of emergency situations under unstable power supply conditions.*

**Keywords:** turbine; energy efficiency; spiral turbines; nuclear power plant; nuclear safety; backup power supply; reactor cooling; passive heat removal; water recirculation.

Table: 1. Fig.: 6. References: 8.