

УДК 621.165

ШВЕЦОВ В. Л.¹, ШЕРФЕДИНОВ Р. Б.^{2*}, УСАТИЙ О. П.³

**ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ АТ
«УКРАЇНСЬКІ ЕНЕРГЕТИЧНІ МАШИНИ» ПРИ СТВОРЕННІ
МАНЕВРОВИХ ПАРОВИХ ТУРБІН ДЛЯ МАЛИХ
МОДУЛЬНИХ РЕАКТОРІВ**

¹ головний конструктор парових турбін АТ «Українські енергетичні машини», кандидат технічних наук, Харків, Україна; e-mail: shvetsov@ukrenergymachines.com.

² начальник конструкторського відділу теплових розрахунків та розрахунків на міцність АТ «Українські енергетичні машини», Харків, Україна.

³ завідувач кафедри турбінобудування, доктор технічних наук, НТУ «ХП», Харків, Україна; e-mail: oleksandr.usatyi@khp.edu.ua.

* e-mail: rizasherfedinov@gmail.com.

Вступ. АТ «АТ «Укренергомашини» виконує передпроектні роботи з розробки парових турбін для АЕС з малими модульними реакторами.



Рис. 1 – Основні системи реактора SMR-160

Малі модульні реактори є перспективною технологією, яка розвивається у світі з зростом попиту на електроенергію. Компанія Holtec International (США) презентувала проект малих модульних реакторів SMR-160 (рис. 1), які можуть бути розміщені в Україні [0].

Реактори проекту мають можливість працювати в режимі маневрування потужністю, будуватися на невеликих майданчиках та не потребують підведення потужних ліній електропостачання. SMR-160 представляє собою невеликий модульний реактор потужністю 160 або 525 МВт, в якому використовують прості та пасивні системи безпеки.

Мета роботи. Розробка проектів турбін АТ «Укренергомашини», враховуючи основні ха-

характеристики малих модульних реакторів SMR-160 виробництва Holtec International.

Загальна частина. Розроблено три варіанти конструктивних схем з урахуванням основних технічних вимог до турбінного обладнання даного проекту. Основні технічні характеристики трьох варіантів турбін наведені у таблиці 1.

Турбіни К-160-3,45 даного проекту забезпечують роботу як на номінальному режимі так і на режимах маневрування потужністю відповідно з потребами енергосистеми.

Таблиця 1 – Основні характеристики турбін для проекту Holtec

Виконання	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Конструктивна схема турбіни	ЦСТ+ЦНТ	ЦСНТ	ЦСТ+ЦНТ
Температура свіжої пари, °С	321	321	321
Кількість ступенів	12+2×5	12+4	6+2×4
Система регенерації	Д(1, 2)	ПНТ+Д(1, 2)	Д(1, 2)
Площа вихлопу ЦНТ, м ²	2×8,19	11,30	2×5,67
Довжина робочої лопатки останнього ступеня ЦНТ, мм	1030	1200	780
Габарити турбіни (без конденсатора), м:			
– довжина	16,35	12,1	17
– ширина корпусу	5,4	6,4	6
– висота (від відмітки обслуговування обслуговування)	5	4,25	4,5
Загальна розрахункова маса турбіни (без конденсатора), т	340	300	320
Масова витрата пари на турбіну, т/г	706,248	706,248	706,248
Абсолютний тиск свіжої пари перед турбіною, МПа (кгс/см ²)	3,45 (35,18)	3,45 (35,18)	3,45 (35,18)
Температура свіжої пари, °С	321	321	321
Масова витрата живильної води, т/г	706,248	706,248	706,248
Температура живильної води, °С	115,7	115,7	111,4
Абсолютний тиск в конденсаторах, кПа (кгс/см ²)	6,57 (0,067)	6,57 (0,067)	6,57 (0,067)
Масова витрата пари в конденсатори, т/г	607,38	603,46	624,81
Потужність на клеммах генератора, МВт	167,4	167,6	167,4

В представлених варіантах турбін К-160-3,45 виробництва АТ «Укренергомашина» передбачене бокове виконання конденсаторів.

Схема системи регенерації для першого та третього варіантів мають один етап підігріву в деаераторі, другий передбачає два етапи підігріву - в підігрівачі низького тиску ПНТ-1 та далі в деаераторі. Схема регенерації в турбоустановках 1–3 варіантів може бути змінена з урахуванням даних щодо температури живильної води на вході в реакторну установку.

На рис. 2–4 зображені конструктивні виконання турбін К-160-3,45 виробництва АТ «Укренергомашини» для роботи в енергоблоках з реакторами SMR-160.

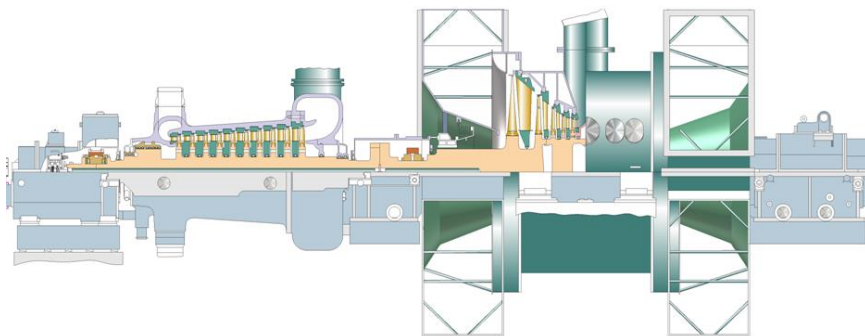


Рис. 2 – Двоциліндрова турбіна на 3000 об/хв з робочою лопаткою останнього ступеня 1030мм

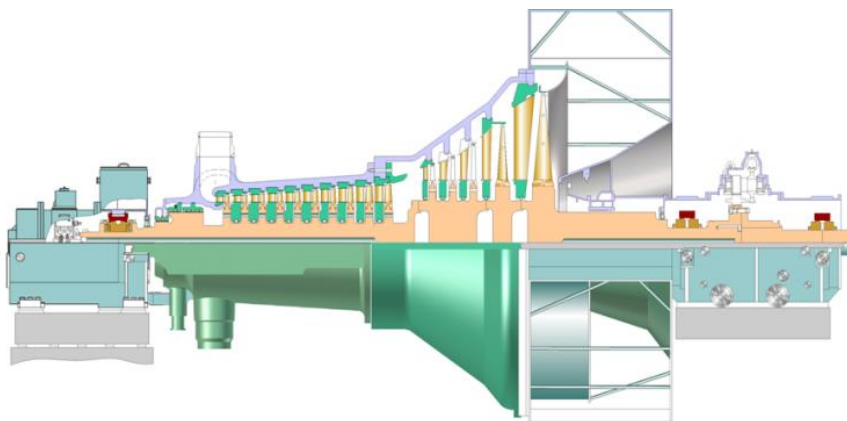


Рис. 3 – Одноциліндрова турбіна на 3000 об/хв з робочою лопаткою останнього ступеня 1200мм

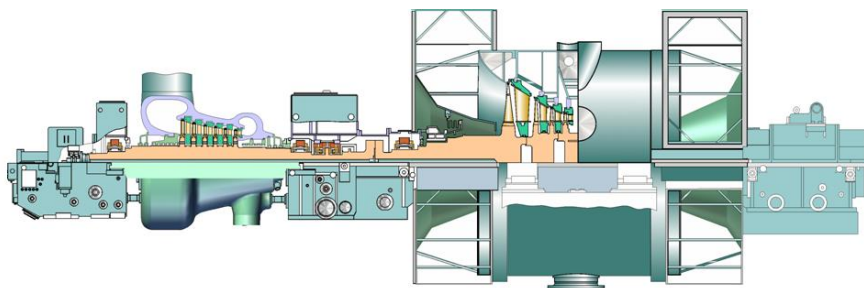


Рис. 4 – Двоциліндрова турбіна на 3600 об/хв з робочою лопаткою останнього ступеня 780 мм

Висновки. Розроблені проекти парових турбін АТ «Укренергомаши-ни» для малих модульних реакторів SMR-160 підтверджують можливість використання цих турбін в режимах маневрування потужністю та залишають вибір конструктиву для проектування машинної зали.

Список літератури:

1. Меморандум про взаєморозуміння щодо співпраці у використанні малих модульних реакторів SMR-160 в Україні ДП «НАЕК «Енергоатом» та Holtec International (США) [Електронний ресурс] / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – 28.03.2018. – URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/energoatom-ta-holtec-pidpisali-memorandum-pro-vzayemorozuminnya-shodo-spivpraci-u-vikoristanni-malih-modulnih-reaktoriv> (дата звернення 25.11.2022). – Заголовок з екрану.