

М. П. Галацан

# ОДИН З ВАРІАНТІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АЕС В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД

В даній роботі розглядається можливість підвищення ефективності роботи атомних електростанцій в зимовий період за рахунок реконструкції циліндра низького тиску турбіни

**Ключові слова:** турбіна, конденсатор, градирня, тиск пари, виробіток електроенергії

## 1. Вступ

Збільшення термічного ККД паросилового циклу може бути досягнуто лише двома шляхами. Перший з них – підвищення температурного рівня тепла, що підводиться, як в самому паровому циклі, так і за допомогою підключення «надбудов»: від магнітогазодинамічних генераторів до газових турбін. Газотурбінний варіант виявився практично найбільш прийнятним і дозволив підняти термічний ККД парогазової електростанції приблизно до 60 %. Однак далі рухатися вгору стає все важче і дорожче. У цій ситуації представляється доцільним йти по другому шляху підвищення ККД – розширити теплосиловий цикл «вниз».

## 2. Постановка проблеми

Ціль роботи проробка шляхів підвищення ефективності роботи АЕС при роботі в зимовий період.

## 3. Основна частина

### 3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження

В роботі [1] запропоновано і обґрунтовано використання розчину етиленгліколю в системі циркуляційної води Рівненської АЕС. Наведені результати розрахунку теплової схеми турбоустановки К-1000-60/3000 четвертого енергоблоку при різних тисках робочого тіла в конденсаторі. Кінцева вологість пари на виході з ЦНТ при мінімальному тиску в конденсаторі не перевищує допустиме значення. Показано, що впровадження розглянутої пропозиції має економічну доцільність. Екологічний вплив від використання етиленгліколю відносно незначний.

Для підтвердження отриманих результатів треба було перевірити можливості роботи при низьких температурах основного обладнання: градирні та турбіни.

Завдяки розробленій методиці [2] і проведе-

ним тепловим розрахункам градирні [3] отримано результат, що градирня справиться з охолодженням етиленгліколю при низьких температурах. Відповідно турбіни розрахунки [4,5] показали, що зниження кінцевого тиску нижче 3 кПа не приводить до подальшого зростання потужності турбіни. Це пояснюється ростом втрат з вологістю та вихідною швидкістю у останньому ступені циліндра низького тиску, яких не можна уникнути (табл.1). Зниження кінцевого тиску з одного боку приводить до зростання термічного ККД, а з другого боку – до зниження відносного внутрішнього ККД турбіни. Добуток цих ККД для абсолютного електричного ККД буде мати максимум.

Таблиця 1

Результати розрахунку електричної потужності турбіни К-1000-60/3000 в залежності від тиску у конденсаторі  $P_k$

$P_k$ , кПа	$N_{эл}$ , МВт	Витрата пари на ЦНТ, т/г	Витрати пари у відборах ЦНТ, т/г				Витрата пари у конденсатор, т/г
			1	2	3	4	
6	1008	3672	160	58	150	130	3174
5	1018	3672	160	58	151	151	3152
4	1023	3672	160	58	153	176	3125
3	1026	3672	160	58	154	207	3093
2,5	1026	3672	160	58	155	227	3072

### 3.2. Результати досліджень

У рамках проведених розрахунків було показано: Зниження температури у конденсаторі на 1 °С відповідає підвищенню абсолютного електричного ККД турбоустановки К-1000-60/3000 на 0,18 %.

Зниження тиску (температури) у конденсаторі з 29 до 14 °С призводить до лінійного збільшення ефективності роботи енергоблоку.

Оцінка викидів етиленгліколю показала, що вони менші за допустиму концентрацію для дихання у 25 разів.

При рівномірному зниженні кінцевого тиску

ріст потужності турбіни поступово зменшується і настає максимум, який пояснюється падінням внутрішнього відносного ККД останнього ступеня ЦНТ через підвищення вологості пари.

Зниження кінцевого тиску приводить до зниження потужності конденсатора і, відповідно, циркуляційних насосів. Таким чином зменшення власних потреб тільки підвищує ефект від зниження кінцевого тиску.

Оптимальний кінцевий тиск для турбіни К-1000-60/3000, встановленої на Рівненській АЕС, дорівнює 3 кПа, що відповідає температурі охолоджуючої води 9 °С. Нижче за цю температуру охолоджувати технічну воду не має сенсу.

Таким чином, діюча турбіна не дозволяє використання низьких температур у повній мірі. Тому було запропоновано удосконалити циліндр низького тиску. Для аналізу була вибрана температура охолоджуючої води 5 °С. Це відповідає кінцевому тиску 2,048 кПа. Для зниження втрат енергії з вихідною швидкістю було додано ще один ступінь. висота робочої лопатки останнього ступеня повинна дорівнювати 1,75 м. Досвід виробництва турбін показує, що такі довжини лопаток не витримують навантажень для відомих сталей. Тому реалізація розглянутого варіанту реконструкції зустрічає труднощі і може бути розглянута тільки при використанні нової міцної та легкої сталі. Враховуючи, що розвиток матеріалознавства і розробка нових матеріалів не стоять на місці, необхідно проаналізувати сучасні досягнення в області нових матеріалів і провести відповідний розрахунок на міцність для отриманих розмірів робочої лопатки.

Розглянуто граничну ціну реконструкції. При порівнянні з проектним варіантом реконструкція дозволить отримати збільшення потужності циліндра на 12,17 МВт. При цьому електрична потужність блоку зростає на

$$N_{ЭЛ} = N_i \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{ген} = 48,67 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 47,22 \text{ МВт.}$$

У районі північної української АЕС - Рівненської, середньомісячна від'ємна температура спостерігається протягом 4 місяців (з грудня по березень). Прийmemo тривалість періоду з температурою повітря, що дозволяє отримати температуру охолоджуючої води 5 °С, 50 %, тобто 60 діб.

Тоді в результаті реконструкції може бути отримано додатково:

$$47,22 \cdot 60 \cdot 24 = 67,986 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 68 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{г.}$$

Що в грошовому еквіваленті відповідає чистому прибутку АЕС:

$$68 \cdot 106 \cdot (0,1862 - 0,0842) = 6,9 \text{ млн. грн/рік,}$$

де 0,1862 та 0,0842 грн/кВт·г – прийнятий тариф та собівартість електроенергії на АЕС.

### Література

1. Кравченко, В.П. Підвищення ефективності АЕС при зниженні тиску у конденсаторі турбіни [Текст] / В.П. Кравченко, М.П. Галацан // Холодильная техника и технология. – 2008. – № 5 (115). – С.16-21.
2. Кравченко, В.П. Усовершенствованная методика технологического расчета башенной градирни [Текст] / В.П. Кравченко, Е.Н. Морозов, М.П. Галацан // Холодильная техника и технология. – 2011. – №1. – С.30-36.
3. Кравченко, В.П. Сопоставление охлаждающей способности асбестоцементного и сетчатого оросителя башенных градирен [Текст] / В.П. Кравченко, Е.Н. Морозов, М.П. Галацан // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 2/8 (50). – С.13-16.
4. Кравченко, В.П. Расчет потерь энергии в решетках ступеней турбины [Текст] / В.П. Кравченко, М.П. Галацан // Холодильная техника и технология. – 2011. – № 2. – С.39-43.
5. Кравченко, В.П. Возможность повышения мощности турбины К-1000-60/3000 при работе взимку [Текст] / В.П. Кравченко, М.П. Галацан // Сб. трудов Одесского политехн. университета. – 2011. – Вып. 1(35). – С. 54-58.

### ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АЭС В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

М. П. Галацан

В данной работе рассматривается возможность повышения эффективности работы атомных электростанций за счет реконструкции цилиндра низкого давления турбины

**Ключевые слова:** турбина, конденсатор, градирня, давление пара, выработка электроэнергии

*Марк Петрович Галацан, ассистент кафедры атомных электростанций Одесского Национального политехнического университета, тел. (099)63-49-169, e-mail: maric@i.ua*

### IMPROVING THE EFFICIENCY IN THE NPP REDUCING THE PRESSURE IN THE TURBINE CONDENSER

M. Galatsan

In this paper the possibility of the nuclear power plants efficiency increasing is considered through the use of low-temperature environment

**Keywords:** turbine, condenser, cooling tower, steam pressure, electric power generation

*Mark Galatsan, assistant of the nuclear power stations department of the Odessa National Polytechnic University, tel. (099) 63-49-169, e-mail: maric@i.ua*