

ТЕНДЕНЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ККД ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Систематизовано інформацію по ефективності сучасних газотурбінних установок від провідних виробників енергетичного устаткування. Показано, що ефективність ГТУ простого циклу в діапазоні температур від 1000 °С до 1510 °С становить 30...40 %. Розвиток ПТУ проходить в напрямку підвищення початкових параметрів пари і зниження кінцевих. Передові установки наразі мають початкові параметри пари $P=35$ МПа і $t=720$ °С. Найбільш перспективним напрямком розвитку великої енергетики є створення парогазових установок, в тому числі з внутрішньоцикловою газифікацією твердого палива.

Ключові слова: газотурбінна установка, паротурбінна установка, парогазова установка, парогазова установка з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля, коефіцієнт корисної дії.

Abstract

Systematized information on the efficiency of modern gas turbine installations from leading manufacturers of power equipment. It is shown that the efficiency of simple-cycle gas turbines in the temperature range from 1000 °C to 1510 °C is 30...40%. The development of vocational training takes place in the direction of increasing the initial parameters of the steam and decreasing the final ones. Advanced installations currently have initial parameters of steam $P=35$ MPa and $t=720$ °C. The most promising direction for the development of the large energy industry is the creation of steam-gas plants, including those with intra-cycle gasification of solid fuel.

Keywords: gas turbine plant, steam turbine plant, steam-gas plant, steam-gas plant with intra-cycle gasification of coal, efficiency factor.

Вступ

Зараз у світі 65 % електричної енергії виробляється тепловими електростанціями, для чого щорічно спалюється більше 12 млрд. т. у.п.. При цьому в навколишнє середовище викидаються забруднювальні речовини (зола, оксиди азоту, оксиди сірки, поліциклічні ароматичні вуглеводні, парникові гази, тощо). Основним способом зменшення викидів вуглекислого газу є підвищення ККД енергетичних установок. Теплові електростанції постійно вдосконалюються з метою створення надійного, економічного, маневреного, екологічно чистого технологічного обладнання.

Мета роботи – систематизація інформації по енергетичних характеристиках сучасних ТЕС.

Основна частина

Провідні фірми в галузі енергетичного машинобудування (Siemens, Alstom, ABB, Westinghouse, Mitsubishi) ефективно працюють в напрямку підвищення термодинамічної ефективності всіх типів енергетичних установок [1-3].

Основним напрямком покращення енергетичної ефективності ГТУ є підвищення початкової температури газів. На рис. 1 нами систематизовано інформацію по ККД ГТУ різних виробників залежно від температури газів перед турбіною. З рисунку видно, що в діапазоні температур від 1000 °С до 1510 °С, ККД знаходиться в межах 30...40 %. Більший ККД (до 64 %) досягають у комбінованих циклах [1]. Фірма Mitsubishi в 2020 році розробила турбіну M501JAS з початковою температурою 1650 °С. Турбіна проходить випробування і тестування. ГТУ з високою початковою температурою газів як правило використовують в комбінованих циклах.

Варто відзначити, що виробники не завжди вказують всі технічні характеристики ГТУ, тому досить важко провести комплексний аналіз обладнання.

ГТУ українського виробництва не поступаються по ККД більшості виробників аналогічного обладнання.

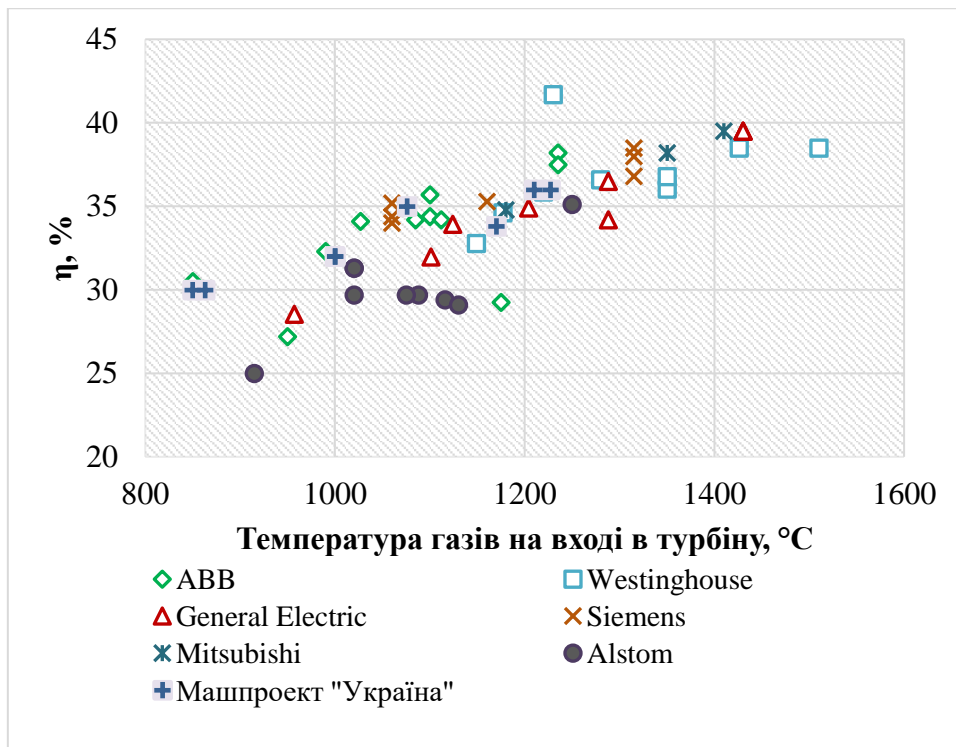


Рисунок 1 – Коефіцієнт корисної дії газівиз турбін простого циклу основних світових виробників залежно від температури газів перед турбіною

Подальше зростання температури можливе за умови створення нових матеріалів і принципово нових систем охолодження з малою витратою повітря для охолодження.

На початку 20 століття передові паротурбінні установки того часу працювали з параметрами пари 9 МПа і $t=535$ °С. На початку 21 століття більшість паросилових установок мали такі початкові параметри: $P=24$ МПа і $t=540$ °С. Сучасні тенденції підвищення економічності ПТУ можна показати на прикладі фірм Siemens і консорціуму GE/ABB. Спільним для них є: підвищення початкових параметрів пари до рівня 280...310 атм і 580...630 °С, зниження тиску в конденсаторі до 0,023 атм, застосування подвійного проміжного перегріву пари. Це дозволяє довести ККД ПТУ нетто до 47 % на вугіллі і до 49 % на природному газі [5]. Фірма Mitsubishi розробила ПТУ з початковими параметрами пари $P=35$ МПа і $t=720$ °С. (рис. 2). [1]

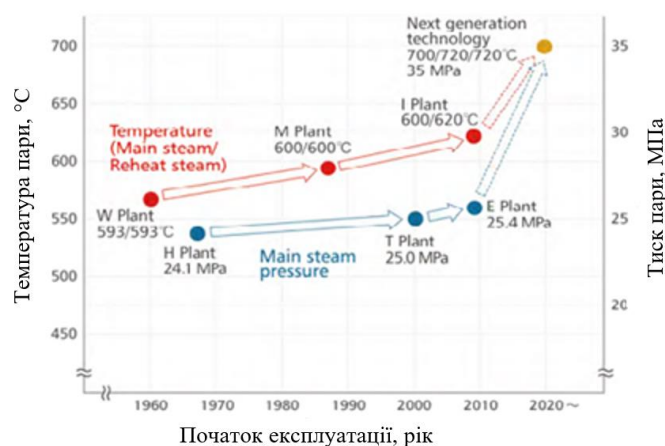


Рисунок 2 – Розвиток паротурбінних технологій Mitsubishi

Турбіна STF D 1250 від GE SteamPower [3] має початкові параметри пари 330 бар, $t=670$ °С, а ККД ПТУ, за даними виробника, $\eta=54$ %.

Незважаючи на значний прогрес в енергетичному машинобудуванні, слід зазначити, що за окремими показниками вже досягнуто рівень "насичення", коли подальше їх поліпшення потребує істотних витрат і дає незначний ефект.

Перспективним напрямком підвищення ККД теплових електростанцій є створення парогазових установок. Ефективність ПГУ фірми Siemens знаходиться в межах 54,4...60% [2], Mitsubishi – 64% [1].

Ефективним є поєднання ПГУ з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля. Такі установки мають кращі енергетичні (ККД до 48%) та екологічні показники, ніж ТЕС із традиційним спалюванням вугілля.

Вважається, що технологія газифікації вугілля забезпечує найбільш універсальний і чистий спосіб перетворення вугілля в електричну енергію, водень та інші цінні енергетичні продукти. Саме газифікація може стати основою для створення електростанцій нового покоління на найближчі десятиліття. [6].

Установки газифікації і піролізу вугілля не отримали широкого застосування в Україні. Для вирішення цієї проблеми необхідно подолати ряд важливих теплофізичних проблем газифікації, забезпечити стійкість цього процесу в технологічних апаратах і ефективне очищення синтез-газу, розробити теоретичні основи проектування установок [7].

Більш віддалені перспективи підвищення к.к.д. ТЕС пов'язані зі створенням гібридних установок, що являють собою поєднання високотемпературних електрохімічних джерел струму (паливних елементів) з парогазовою установкою [8].

ВИСНОВКИ

Вдосконалення енергетики, впровадження передових енергозберіжних технологій є головною задачею сьогодення, оскільки дозволяє економити паливо і, відповідно, зменшувати викиди шкідливих речовин. Систематизовано інформацію по ефективності сучасних газотурбінних установок від провідних виробників енергетичного устаткування. Показано, що ефективність ГТУ простого циклу в діапазоні температур від 1000 °С до 1510 °С становить 30...40 %. Розвиток ПТУ проходить в напрямку підвищення початкових параметрів пари і зниження кінцевих. Передові установки наразі мають початкові параметри пари $P=35$ МПа і $t=720$ °С. Найбільш перспективним напрямком розвитку великої енергетики є створення парогазових установок, в тому числі з внутрішньоцикловою газифікацією твердого палива.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mitsubishi Power URL <https://power.mhi.com/products/gasturbines/lineup/m701j>
2. Siemens energy URL <https://www.siemens-energy.com/global/en/home/products-services/product-offerings/gas-turbines.html>
3. GE SteamPower URL <https://www.ge.com/steam-power/products/steam-turbines>
4. Power services URL <https://powerservices.com.au/parts-services/alstom-gt13/>
5. Варламов Г. Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії / Варламов Г. Б. – К. : ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2003. – 232 с.
6. Перспективи розвитку теплової енергетики <http://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-1/section-6>
7. Халатов А. А. Перспективные энергетические технологии и проблемы теплофизики. Часть 1. //Промышленная теплотехника. 2011. №1. С. 5– 18.
8. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О. Паливні елементи. Сучасний стан розроблення. Відроджена енергетика. 2013. №1. С. 90 – 96.

Боднар Лілія Анатоліївна, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail: Bodnar06@ukr.net
Вакалюк Роман Юрійович, студент, yakalukroma619@ukr.net

Bodnar Lilia, Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Bodnar06@ukr.net.

Vakalyuk Roman, student, yakalukroma619@ukr.net