

ПРО ПАРАМЕТРИ ТА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦИКЛІВ ГТУ, ЩО УСКЛАДНЮЮТЬСЯ

Ялова Альона Миколаївна

к.т.н., доцент

Бондар Наталія Василівна

ст. викладач

Поліщук Ірина Георгіївна

к.е.н., доцент

Криворізький національний університет,
м. Кривий Ріг, Україна

Вступ. За останні 40-50 років в Україні розвиток газотурбінних технологій почав набувати хоча і невеликого, але прискорення. Наукові досягнення в даному питанні мають певні результати з вирішення проблем матеріалів, що застосовуються у газотурбінних установках (ГТУ); проблем підвищення початкового тиску та температури газу; суттєвого ускладнення набули термодинамічні цикли та схеми ГТУ за рахунок включення апаратів проміжного охолодження, дожимних компресорів, додаткових камер згоряння за рахунок застосування систем охолодження лопаток турбін та ін.

Мета роботи. Важливим завданням подальшого вдосконалення газотурбінних технологій є розвиток методів оцінки ефективності циклів ГТУ, що ускладнюються та установок загалом [3]. Це особливо важливо для енергетичних ГТУ та для ГТУ, що застосовуються у суднобудуванні.

Матеріали та методи. Метод термодинамічного аналізу, метод оптимізації циклів, метод оцінки термодинамічної ефективності.

Результати та обговорення. Сьогодні головними проблемами економіки України є висока енергоемність внутрішнього валового продукту (ВВП), значний дефіцит нафти та природного газу, постійне зростання світових цін на енергоносії. Згідно з енергетичною стратегією України, до 2030 року прогнозується зниження енергоемності ВВП до 0,24 кг н.о. на один долар головним чином за рахунок реалізації потенціалів енергоефективності та

енергозбереження.

Газотурбобудування відноситься до однієї з найбільш наукомістких галузей енергетичного машинобудування. Сьогодні Україна продовжує входити до десятки провідних країн світу, які мають повний цикл розробки та виробництва промислових, авіаційних та суднових газотурбінних двигунів, та має всі можливості для покращення свого енергетичного потенціалу.

Основу інфраструктури українського газотурбобудування складають три підприємства – комплекс ДП «Івченко-Прогрес» та ВАТ «Мотор-Січ» (обидва Запоріжжя), ДП НВКГ «Зоря-Машпроект» (Миколаїв), а також ВАТ «Сумське НВО ім. М. В. Фрунзе» (Суми).

Для оцінки ефективності теплоенергетичних установок авторами прийнято загальна методологія оцінки на основі ексергетичного методу термодинамічного аналізу [1] за коефіцієнтом використання наявної ексергії беремо ексергію теплової енергії, що виділяється при спалюванні палива в камерах згоряння теплоенергетичних установок:

$$\delta z_{ex} = ex_{п} / ex_{т}$$

де $ex_{п}$ – питома корисна ексергія, Дж/кг; $ex_{т}$ – питома наявна ексергія, Дж/кг.

Коефіцієнт показує частку корисно використововуваної наявної первинної ексергії і, таким чином, враховує всі втрати в теплоенергетичній установці (термодинамічні, механічні, теплові, електричні, гідромеханічні та інші) [1]. Коефіцієнт $\delta \eta_{ex}$ відрізняється від звичайного ексергетичного ККД безпосередньо теплоенергетичної установки, що враховує втрати лише в установці. Коефіцієнт використання наявної ексергії визначається за ексергією газу для всього наявного діапазону температур ($T_m - T_o$), де T_m – максимальна теоретична температура горіння палива, К; T_o – температура навколишнього середовища.

Виробництвом газових турбін займаються 100 фірм у 17 різних країнах. Деякі результати аналізу для ГТУ (без утилізаційних котлів) представлені на рис. 1, на якому лінії відповідають температурам газу за турбіною; точки (за

даними ГТУ) - електростанцій потужністю 5-180 МВт з помірними та високими температурами газу перед турбіною та з різними температурами газу за турбіною (фірми США, Франція, Німеччини, Японії та ін.).

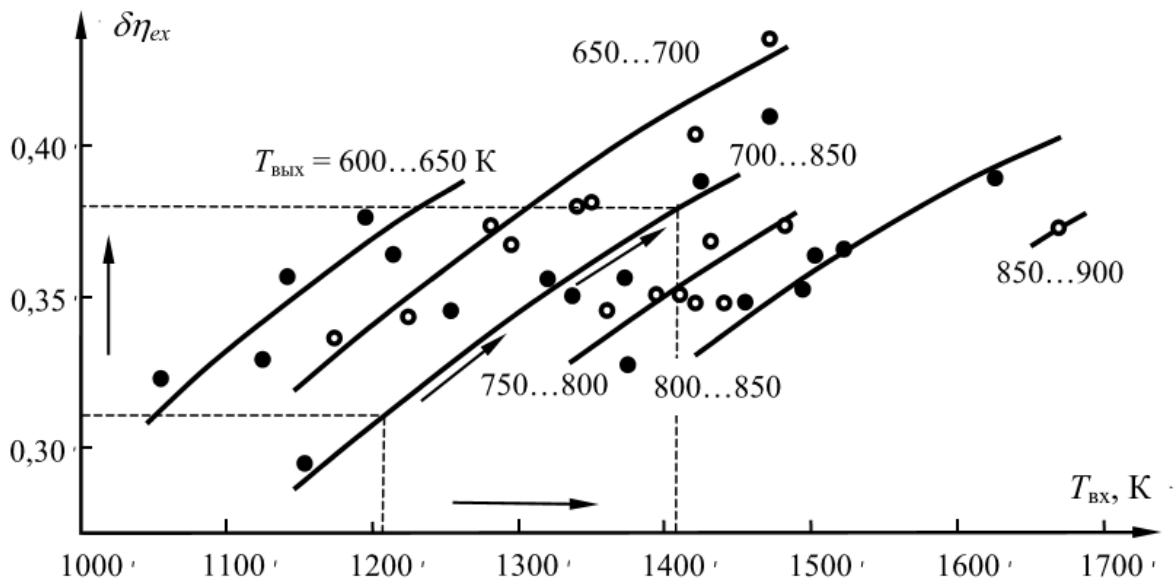


Рис. 1. Залежність коефіцієнта використання наявної ексергії у реальних ГТУ різних потужностей та параметрів від температури газів перед $T_{ГТ}$ та після $T_{уз}$ газової турбіни

Аналіз рис. 1 показує, що зі збільшенням температури газів перед турбіною та при постійній температурі газів на виході з неї, тобто при збільшенні спрацьовується в турбіні різниці температур, величина коефіцієнта використання наявної ексергії збільшується. Якщо ці дані перебудувати в координатах $(\delta\eta_{ex} - T_{вх})$ з параметром $(T_{вх} - T_{вих})$, то буде видно, що значний вплив на ефективність ГТУ надає також рівень, на якому спрацьовує перепад температури газу на турбіні при $T_{вх} = const$. Збільшення перепаду температур газу на турбіні забезпечується шляхом збільшення ступеня стиснення у циклі ГТУ. Ступінь підвищення тиску може використовуватися як узагальнений параметр, що визначає ефективність використання ексергії в автономних (без утилізаційного котла) газотурбінних установках.

Спираючись на данні по ГТУ американської багатогалузевої корпорація General Electric очевидно, що при переході від середніх величин ступеня

збільшення тиску, до більш високих, темп росту $\delta\eta_{ex}$ суттєво знижується, та, можливо, при $\pi > 30-40$ зростання величини $\delta\eta_{ex}$ не виправдовується ускладненням схем та обладнання ГТУ.

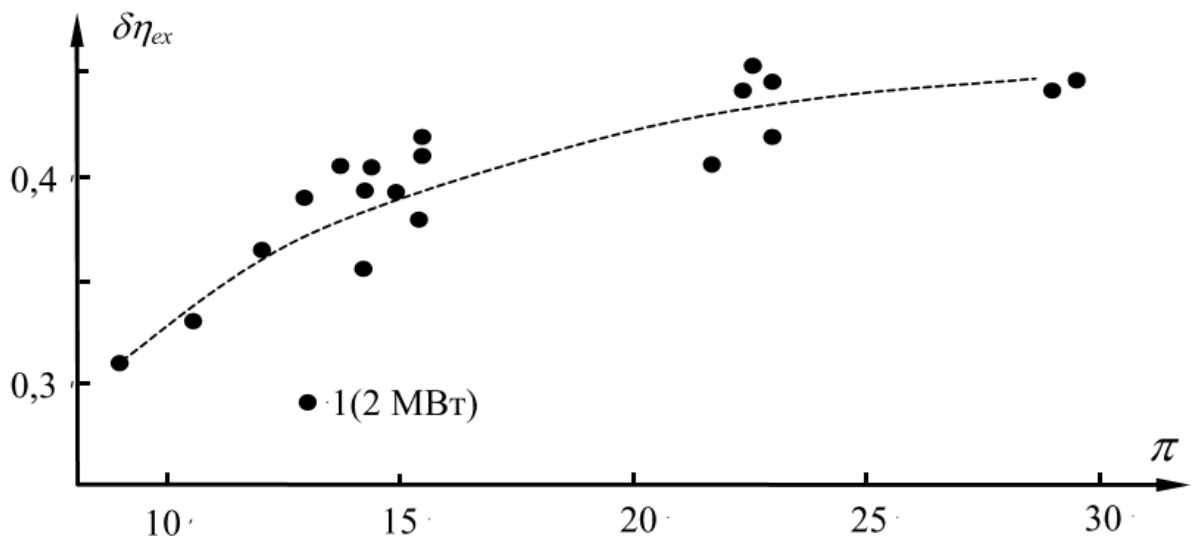


Рис.2. Коефіцієнт використання наявної ексергії ГТУ фірми General Electric (США) типорозмірів PGT, MS, ГТУ-G, ГТУ-Н, LM та потужністю до 280 МВт

Для зарубіжних ГТУ величина коефіцієнта η_{me} наближається до вказаного межі зі збільшенням ступеня підвищення тиску до 25-30 і далі. Однак необхідно зазначити, що зусилля щодо оптимізації циклів автономних ГТУ [2, 3] призводять до рекомендацій щодо підвищення загального ступеня підвищення тиску у ГТУ до 60 і вище. Але наразі для сучасних ГТУ які експлуатуються на енергетичних підприємствах очевидно, за сучасних параметрів установок коефіцієнт загальних втрат досягає певної межі (0,70-0,75, із середнім значенням 0,73) і може прийматися постійним при оцінці термодинамічної ефективності теплоенергетичних установок [1].

Висновки. Таким чином, можна вважати, що результативність ГТУ є досить високою та ефективною а також забезпечує можливості їх широкого використання як автономних теплоенергетичних установок, так і, особливо, у складі парогазових установок, які є безальтернативною основою сучасної енергетики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Ильин Р. А., Ильин А. К. Методология термодинамической оценки эффективности теплоэнергетических установок. Энергетика в 21-веке: Развитие. Функционирование. Управление: Доклады. – ИСЭ СО РАН, 2005. С. 782-790.
2. Иванов В. А. Оптимизация цикла газотурбинных установок / В. А. Иванов. – ПГТУ, 2006. – 112 с. Монография.
3. Электронный ресурс
https://zn.ua/promyshliennost/kakie_promyshlennye_gazoturbinnye_dvigateli_nuzhny_ukrainskoy_gts.html