

УДК 621.43.018.4

В.А. ВОЛОЩУК¹, В.Ф. ОЧКОВ², К.О. ОРЛОВ²¹ Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне² Московський енергетичний інститут (Технічний університет), Москва, Росія

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛІВ ПАРОГАЗОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На основі математичного моделювання, із використанням технології Mathcad Calculation Server в роботі наведені приклади дослідження деяких циклів ПГУ. Показано, що загалом, крім існуючих способів (підвищення температури газу на вході у газову турбину, оптимізація параметрів пари на вході у парову турбину, використання багатоконтурних котлів-утилізаторів, тощо) ускладнення циклу ПГУ, а саме проміжний стиск з охолодженням циклового повітря у ГТУ та проміжний підвід теплоти до робочого тіла у ГТУ, дозволяє підвищити електричний ККД ПГУ. Разом з тим показано, що існують оптимальні значення параметрів ускладнення циклу ПГУ (ступінь проміжного стиску повітря та ступінь проміжного розширення газу у ГТУ), при яких ККД ПГУ досягає максимуму.

Ключові слова: інформаційні технології, Mathcad Calculation Server, цикли парогазових установок, електричний ККД.

Постановка проблеми

Перспективний напрям розвитку енергетики пов'язаний з газотурбінними (ГТУ) та парогазовими (ПГУ) енергетичними установками [1, 2].

Загалом, шляхи підвищення ефективності ГТУ та ПГУ загалом до кінця іще не дослідженні і представляють собою складну багатопараметричну проблему [1 – 5], яку в багатьох випадках можна вирішити за допомогою математичного моделювання.

Завдяки широкому впровадженню потужних ПЕОМ та зручних для використання програмних пакетів (Mathcad, Matlab, Mathematica, Maple та ін.), моделювання складних процесів, що відбуваються при роботі теплоенергетичних установок, стає дедалі поширеним і можливим для широкого кола спеціалістів.

Авторитетне в області інформаційних технологій (ІТ) видання PC World (www.pcworld.com) опублікувало список 10 «ІТ-переворотів» – подій, які серйозно змінять життя користувачів комп'ютерів протягом найближчого часу. На першому місці стоїть розвиток так званих «хмарних обчислень» («cloud computing») – надання видалених обчислювальних потужностей, дискового простору і каналів зв'язку замовнику. Під «хмарами» розуміються обчислювальні центри, які є на порядок потужнішими за серйозні інфраструктури досвідчених в ІТ організацій. Замість фізичних серверів замовникам виділяються віртуальні сервери, що будуть розгорнуті на розподіленій мережі комп'ютерів промислової потужності.

Аналіз останніх досліджень

Визначення, дослідження та аналіз циклів ПГУ наведено, зокрема, в роботах [1, 3, 4, 5 та ін.]. Але разом з тим, на нашу думку, дане питання потребує подальшого дослідження та уточнення. Оскільки, наприклад в роботі [3], при дослідженні зразкового циклу ПГУ з котлом-утилізатором (ПГУ КУ) зроблено ряд спрощень, зокрема багатоступеневий стиск повітря у компресорі та багатоступеневий підвід теплоти у ГТУ замінені ізотермічними процесами, які в дійсності не можуть бути реалізовані. Крім того, в роботі [3] не враховувалося охолодження газової турбіни (ГТ), що при сучасних температурах газів на вході у ГТ є обов'язковим. В роботі [1] в основному розглядаються випадки оптимізації параметрів паротурбінної установки (ПТУ) як складової частини ПГУ КУ. Разом з тим оптимізація параметрів ГТУ як складової ПГУ КУ в даній роботі практично не розглядається. Крім того, в роботі [1] досліджуються схеми ПГУ на рівні сучасного розвитку та можливостей енергетичного машинобудування. Можливостям розвитку схем ПГУ в майбутньому за рахунок ускладнення циклу таких установок в роботі [1], на нашу думку, приділено недостатньо уваги.

Фахівцями Московського енергетичного інституту (МЕІ) за участю науковців інших організацій створений сервер, на який можна вийти за адресою www.vpu.ru/mas, що може бути корисним для тих, кому, зокрема, необхідні властивості робочих тіл і теплоносіїв енергетики, а також розрахунки і візуалізація процесів, що відбуваються в теплоенергетичних установках.

Результати досліджень та аналіз різних схем ПГУ можна знайти у спеціалізованій літературі (монографії, дисертації, посібники, статті тощо), яка не завжди є доступною, і яка, враховуючи багатofакторний вплив різних параметрів на роботу таких установок, дає не завжди повну картину про залежність показників їх роботи від впливаючих факторів.

Постановка задачі

Отже, дана робота стосується дослідженню та аналізу циклів ПГУ в інтерактивному режимі за допомогою сайту http://twf.mpei.ru/ochkov/VPU_Book_New/mas/index.html з метою їх оптимізації.

Виклад основного матеріалу

На рис. 1 наведений фрагмент із сайту, де приведений перелік схем ПГУ, які можна розрахувати в інтерактивному режимі.

Теоретичні розробки та часткові дослідження щодо впливу ускладнення циклу ПГУ КУ наведені зокрема в [3, 5], виходячи із яких і спробуємо виконати наші дослідження.

Згідно [3] за зразковий цикл бінарної ПГУ КУ в загальному випадку можна прийняти цикл, де передбачений багатоступеневий підвід теплоти (багатоступеневе розширення газу) у ГТУ, багатоступеневий стиск повітря з проміжним його охолодженням, а також проміжний перегрів пари.

Приклад блоку вихідних даних, підготовлений за технологією Mathcad Calculation Server [6] (технологія, що дозволяє публікувати розрахунки в програмі Mathcad в мережі Internet з можливістю роботи за такими розрахунками в інтерактивному режимі), наведений на рис. 2.

Зауважимо, що на відміну від досліджень в роботі [5], де для спрощень приймалося, що робочим тілом в ГТУ є атмосферне повітря, в даних розрахунках враховувалося, що склад газу на різних ділян-

ках ГТУ змінюється за рахунок спалювання палива.

Отже, знаходячись на сайті http://twf.mpei.ru/ochkov/VPU_Book_New/mas/index.html, змінюючи в інтерактивному режимі вихідні дані, які знаходяться у спеціальних комірках (технологія Mathcad Calculation Server), і натискаючи «живу» клавішу Recalculate, можна розрахувати параметри установки у відповідності із заданими вихідними даними. Зробивши таким чином серію подібних розрахунків, отримаємо масиви залежностей параметрів роботи ПГУ від вихідних даних. Такі залежності можна привести, наприклад, у вигляді графіків.

В даних розрахунках, для прикладу, були досліджені схеми ПГУ КУ, у яких температура газів на виході із камер згорання ГТУ становила 1200 °С. У випадку багатоступеневого стиску повітря, передбачили три компресори: відповідно компресор низького, середнього та високого тисків (КНТ, КСТ, КВТ); а у випадку багатоступеневого розширення газу дві або три газових турбіни (КТ): відповідно ГТ високого, середнього та низького тисків (ГТВТ, ГТСТ, ГТНТ). Більша кількість проміжних ступенів, на нашу думку, не є доцільною та технічно неможливою. Кожна із приведених схем розглядалася як складова ПГУ з одноконтурним та двоконтурним КУ.

На рис. 3 наведені результати досліджень описаних вище схем ПГУ.

Отже, по-перше, лінії на рис. 3, які відповідають одноконтурним КУ, обмежені певними значеннями загального ступеня стиску π_K . Це обумовлено технологічними вимогами до роботи ПГУ КУ. Крайня ліва точка кожної кривої відповідає мінімальному значенню ступеня стиску повітря, при якому температура відхідних газів за КУ становить 70 °С, що обумовлено недопущенням конденсації водяних парів, які містяться у продуктах згорання (наприклад, для лінії 3 на рис. 3 це буде точка при $\pi_K \approx 15$).

Адрес: http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/VPU_Book_New/mas/index.html

Расчетный сервер МЭИ (ГУ)

- Величина эффективности
- Математические функции
- Теплоэнергетика и теплотехника
- Теплофизические свойства воды и водяного пара
- Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики
- Газодинамика
- Электротехника
- Электроника
- Теория автоматического управления
- Энергетическое оборудование
- Свойства газов
- Термодинамика
- Свойства инертных жидкостей

Расчет и графическая иллюстрация основных термодинамических циклов

Интерактивный интернет-справочник

Разработка В.Ф.Осцова Дата обновления 26.02.2010

Газотурбинные циклы
Паротурбинные циклы ТЭС
Паротурбинные циклы АЭС
 Казимировское производство тепла и электроэнергии – см. описание
Бинарные циклы

- Простейший бинарный цикл на базе идеальных циклов Ренкина и Брайтона [рус](#)
- Простейший бинарный цикл на базе реальных циклов Ренкина и Брайтона [рус](#) (расширенный вариант) | [укр](#)
- Расчет ПГУ с двухконтурным котлом-утилизатором
- Парогазовая установка с приводом компрессора от паровой турбины
- Расчет ПГУ с многоступенчатым сжатием воздуха, многоступенчатым подводом тепла и одноконтурным котлом-утилизатором. [рус](#) | [укр](#)
- Бинарный цикл с высоконапорным парогенератором [рус](#) | [укр](#)
- ПГУ с двухконтурным котлом-утилизатором и применением неупругих нагревателей питательной воды в экономайзере
- Цикл ПГУ с полувязкой схемой (с вытеснением регенерацией)
- Расчет типичной ТЭЦ ПГУ
- Расчет ПГУ с многоступенчатым сжатием воздуха, многоступенчатым подводом тепла и двухконтурным котлом-утилизатором
- Расчет ПГУ с трехконтурным котлом-утилизатором
- Расчет энергетических и эксергетических показателей образцового бинарного цикла парогазовой установки ^{NEW}

Онлайн расчеты

Рис. 1. Фрагмент із сайту МЭИ, де можна в інтерактивному режимі виконати розрахунки термодинамічних циклів теплових двигунів

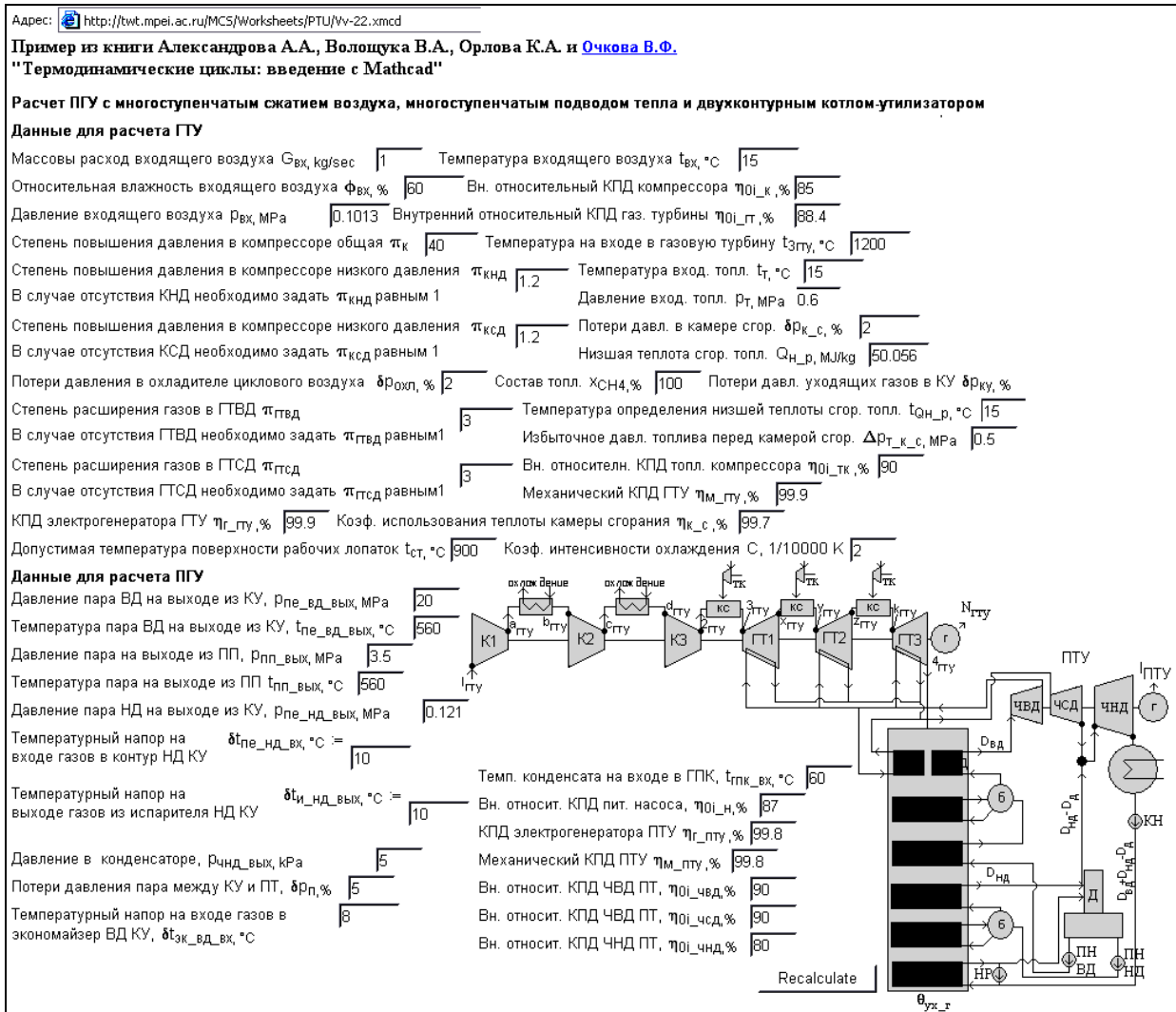


Рис. 2. Блок вихідних даних, підготовлених за технологією Mathcad Calculation Server, для розрахунку ПГУ КУ

Крайня права точка кожної кривої відповідає максимальному значенню ступеня стиску повітря $\pi_к$, при якому температурний напір на вході відхідних газів ГТУ у КУ становить 20 °C (наприклад, для лінії 3 на рис. 3 це буде точка при $\pi_к \approx 48$). Крім того, із рис. 3 видно, що при певних значеннях загального ступеня стиску повітря, використання двоконтурного КУ відсутнє (немає доцільності його використання), в той час як одноконтурний КУ може використовуватися. Так для ПГУ, що складається з ГТУ з одноступеневим стиском повітря та двоступеневим підводом тепла (лінії 3 та 5 на рис. 3) при $\pi_к = 15...30$ застосування двоконтурного КУ відсутнє, оскільки одноконтурний КУ забезпечує відповідну утилізацію теплоти газів (на рис. 4 теплова діаграма такого КУ показана суцільними лініями). Це пояснюється тим, що із зменшенням $\pi_к$ зростає температура газів після ГТУ і вже при $\pi_к = 15...30$ у відповідності з тепловими та масовими балансами КУ збільшується його паропроductивність,

за рахунок чого для утилізації відхідних газів ГТУ достатньо одноконтурного КУ.

Зауважимо, що згідно результатів досліджень в роботі [5], максимальні значення електричного ККД (η_e) для ПГУ із ускладненим циклом та одноконтурним КУ (лінії 3, 4, 7 та 8 на рис. 3) відповідають значенням ступеня стиску повітря $\pi_к$, при яких відбувається перехід мінімального температурного напору (згідно рекомендацій [1] приймався рівним 10 °C) в КУ від одного кінця економайзера до іншого. Наприклад, для схем, що відповідають лініям 3 та 4, при $\pi_к = 15...25$, мінімальний температурний напір в КУ знаходиться на холодному кінці економайзера на рис. 4 теплова діаграма такого КУ показана суцільними лініями). При $\pi_к > 25$ мінімальний температурний напір переходить на гарячий кінець економайзера, де виникає доцільність використання двоконтурного КУ (на рис. 4 теплова діаграма такого КУ показана штриховими лініями).

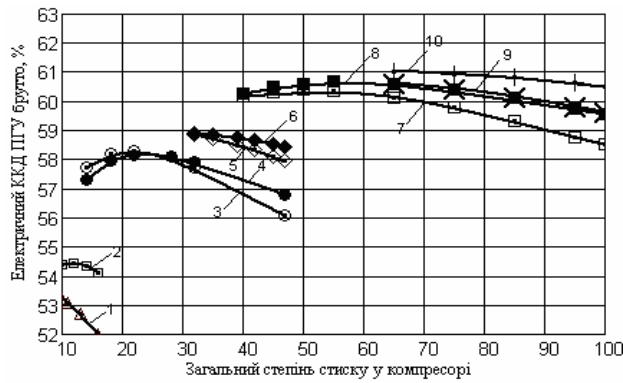


Рис. 3. Результати досліджень впливу ускладнення циклу ПГУ на його електричний ККД; температура газу на вході у ГТВТ 1200 °С; ступінь стиску у КНТ та КСТ=1,2; ступінь розширення газу у ГТВТ та ГТСТ=3:

1 - ПГУ складається з ГТУ з одноступеневим стиском повітря, одноступеневим підводом тепла та одноконтурного КУ; 2 - ПГУ складається з ГТУ з одноступеневим стиском повітря, одноступеневим підводом тепла та двоконтурного КУ; 3 - ПГУ складається з ГТУ з одноступеневим стиском повітря, двоступеневим підводом тепла та одноконтурного КУ; 4 - ПГУ складається з ГТУ з триступеневим стиском повітря, двоступеневим підводом тепла та одноконтурного КУ; 5 - ПГУ складається з ГТУ з одноступеневим стиском повітря, двоступеневим підводом тепла та двоконтурного КУ; 6 - ПГУ складається з ГТУ з триступеневим стиском повітря, двоступеневим підводом тепла та двоконтурного КУ; 7 - ПГУ складається з ГТУ з одноступеневим стиском повітря, триступеневим підводом тепла та одноконтурного КУ; 8 - ПГУ складається з ГТУ з триступеневим стиском повітря, триступеневим підводом тепла та одноконтурного КУ; 9 - ПГУ складається з ГТУ з одноступеневим стиском повітря, триступеневим підводом тепла та двоконтурного КУ; 10 - ПГУ складається з ГТУ з триступеневим стиском повітря, триступеневим підводом тепла та двоконтурного КУ

Із рис. 3 бачимо, що загалом ускладнення циклу ГТУ як складової ПГУ КУ дозволяє підвищити електричний ККД установки. Наприклад, застосування двоступеневого підводу теплоти підвищує η_e до 5% (при тих вихідних даних, що наведені на рис. 2 та 3) у порівнянні з одноступеневим підводом теплоти (лінії 1 та 3 і 4, а також лінії 2 та 5 і 6 на рис. 3). При цьому необхідно зазначити, що в майже таку ж область попадання величини η_e було отримано авторами [1] при дослідженні впливу на значення η_e різних параметрів ПГУ КУ з ГТУ GT26, де використаний двоступеневий підвід теплоти при температурі газів на вхо-

ді у газові турбіни 1235 °С. Причому, у даній ГТУ застосований одноступеневий стиск повітря при значенні ступеня стиску $\pi_K = 30$.

Застосування триступеневого підводу теплоти в ГТУ як складової ПГУ дозволяє ще додатково до 3% підвищити електричний ККД ПГУ у порівнянні з двоступеневим підводом теплоти. Але разом з тим необхідно відзначити, що схеми ПГУ із триступеневим підводом теплоти при даних, що розглядаються в даному випадку, теоретично можливі вже при досить високих степенях стиску повітря $\pi_K > 40$. Якщо при значеннях $\pi_K \approx 40$ ГТУ існують сьогодні [7], то ГТУ при $\pi_K > 40$ на сучасному етапі енергетичного машинобудування – відсутні.

Виходячи із цього та рис. 3 бачимо, що для ПГУ з триступеневим підводом теплоти та температурою робочого тіла на вході у ГТВТ 1200 °С, та інших прийнятих вихідних умовах (рис. 2) достатньо одноконтурного КУ для необхідної утилізації (до 70 °С) теплоти відхідних газів. Крім того, якби застосування ГТУ із значеннями ступеня стиску $\pi_K > 60$ і були можливими, то як видно із рис. 3, застосування двоконтурного КУ у схемі ПГУ, що розглядається, не дало б суттєвого зростання електричного ККД ПГУ (не більше 1 %).

Із рис. 3 також видно, що застосування багатоступеневого стиску циклового повітря для зменшення роботи стиску дає відносно невелике підвищення величини η_e . Так застосування триступеневого стиску повітря із степенями стиску у компресорах низького та середнього тисків рівних 1,2 електричний ККД η_e зростає від 0,5 до 1 %. Причому це зростання збільшується при збільшенні загального ступеня стиску повітря π_K .

Як показано в [5], існує оптимальна зона значень ступеня розширення у перших по ходу робочо-

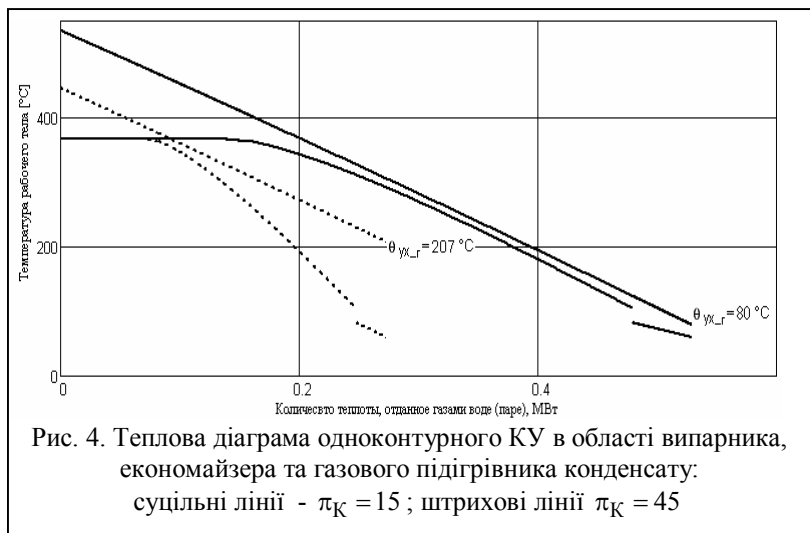


Рис. 4. Теплова діаграма одноконтурного КУ в області випарника, економайзера та газового підігрівника конденсату: суцільні лінії - $\pi_K = 15$; штрихові лінії $\pi_K = 45$

го тіла газових турбінах, що знаходяться між камерами згорання, при якому ККД ПГУ η_e має найбільше значення, а також оптимальні значення степеня стиску у проміжних компресорах, які знаходяться між охолоджувачами циклового повітря ГТУ

Так на рис. 5 наведені результати досліджень за допомогою Mathcad Calculation Server впливу на електричний ККД ПГУ різних значень степеня розширення у проміжних газових турбінах ГТУ та різних значень степеня стиску у проміжних компресорах.

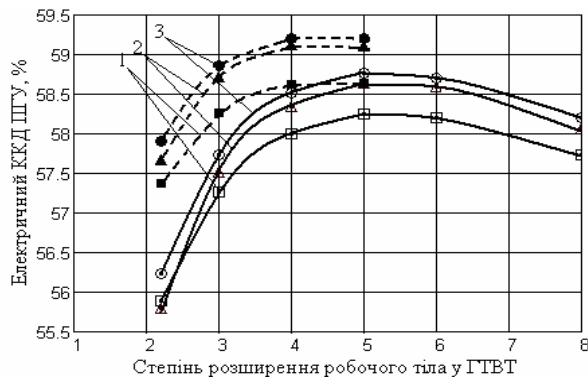


Рис. 5. Результати досліджень впливу значень степеня розширення у ГТВТ степеня стиску у КНТ та КСТ на електричний ККД ПГУ; температура газу на вході у ГТВТ 1200 °С; загальний степінь стиску $\pi_K = 35$; суцільні лінії – для ПГУ з одноконтурним КУ; штрихові лінії – для ПГУ із двоконтурним КУ: 1 - степінь стиску повітря у КНТ та КСТ рівний 1,6; 2 - степінь стиску повітря у КНТ та КСТ рівний 1,0 (одноступеневий стиск без проміжного охолодження); 3 - степінь стиску повітря у КНТ та КСТ рівний 1,2

Із рис. 5 бачимо, що, наприклад, при максимальній температурі робочого тіла у ГТУ рівній 1200 °С, загальному степені стиску повітря $\pi_K = 35$ та інших вихідних даних, що наведені на рис. 2, оптимальні значення степеня розширення у ГТВТ для схем з одноконтурним КУ знаходяться в межах 5...6, а для схем з двоконтурним КУ – в межах 4...5.

Також із рис. 5 видно, що у випадку багатоступеневого (в даному випадку триступеневого) стиску повітря, при значенні степеня стиску у проміжних компресорах рівному 1,2 електричний ККД ПГУ зростає на 0,5...1 % у порівнянні із схемою без проміжного стиску (охолодження). Разом з тим, вже при значенні степеня стиску у проміжних компресорах рівному 1,6 електричний ККД ПГУ стає меншим по відношенню до ПГУ без проміжного стиску.

Отже, шляхом підбору оптимальних значень степеня стиску повітря у проміжних компресорах та степеня розширення робочого тіла у проміжних газових турбінах, можна в деякій мірі підвищити ККД ПГУ. Наприклад, для випадку, що наведений на рис. 5 значення електричного ККД ПГУ з двоконтурним

КУ можна підвищити до 59% при значенні степеня стиску повітря у КНТ та КСТ рівному 1,2 та степенях розширення газу у ГТВТ рівному 3...5.

При цьому, знову ж таки лінії на рис. 5 обмежені певними значеннями степеня розширення робочого тіла у проміжних газових турбінах. Це обумовлено тими ж причинами, що і на рис. 3. Наприклад, для ПГУ із одноконтурним КУ (суцільні лінії на рис. 5) при значеннях степенях розширення газу у ГТВТ більше 8 температура відхідних газів після КУ знижується до 70 °С, що вже є граничним. При значеннях степенях розширення газу у ГТВТ менше 2,2 температурний напір на вході відхідних газів ГТУ у КУ становить менше 20 °С, що, згідно вимог [1] є недопустимим. При значеннях степеня розширення робочого тіла у ГТВТ від 5 до 8 використання двоконтурного КУ (штрихові лінії на рис. 5) є недоцільним.

Крім того, максимальні значення ККД для ПГУ КУ із ускладненим циклом та одноконтурним КУ (суцільні лінії на рис. 5) відповідають значенням степеня розширення газу у ГТВТ, при яких відбувається перехід мінімального температурного напору в КУ від одного кінця економайзера до іншого. Тобто, при степенях стиску у ГТВТ рівних 2,2...5, мінімальний температурний напір в КУ знаходиться на гарячому кінці економайзера, де є доцільність використання двоконтурного КУ. При степенях стиску у ГТВТ рівних 5...8 мінімальний температурний напір переходить на холодний кінець економайзера, де одноконтурного КУ достатньо для утилізації теплоти відхідних газів ГТУ.

Висновки

1. Використання математичного пакету Mathcad, мережним публікатором якого є Mathcad Calculation Server, дозволяє проводити в мережі Інтернет в інтерактивному режимі достатньо просто детальні розрахунки циклів теплових двигунів, не вдаючись до допомоги сторонніх програмістів.

2. Розрахунки за допомогою створеного таким чином сайту <http://twf.mpei.ac.ru/ТГНВ/2/ThermCycleMCS.html> циклів ПГУ КУ показує, що крім тих способів, які зараз найчастіше використовуються, суттєвого підвищення ККД ПГУ КУ можна досягти шляхом застосування багатоступеневого стиску повітря (в межах економічної доцільності), багатоступеневого (в межах технічних можливостей) підводу теплоти до ГТУ, застосування схем із багатоконтурними КУ. Причому, як показують дослідження, майже всі способи підвищення ККД ПГУ КУ потребують зростання степеня стиску циклового повітря в ГТУ.

3. Сайт http://twf.mpei.ru/ochkov/VPU_Book_New/mas/index.html поступово розширюється, розрахунки коректуються та створюються нові, що також є суттєвою перевагою у порівнянні, наприклад із паперовими джерелами.

Література

1. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. – М.: Изд. дом МЭИ, 2006. – 584 с.
2. Патон Б.Є. Чи допоможуть газові турбіни подолати проблеми енергосистеми України? / Б.Є. Патон, А.А. Халатов // Дзеркало тижня. – 2008. – 13 – 19 грудня, № 47 (726).
3. Андрущенко А.И. О термодинамической эффективности сложных циклов ГТУ в парогазовых установках / А.И. Андрущенко // Теплоэнергетика. – 1998. – №3. – С. 68-71.
4. Уваров В.В. Газовые турбины и газотурбинные установки: учебное пособие для машино-

строит. вузов и факультетов / В.В. Уваров. – М.: Высшая школа, 1970. – 320 с.

5. Волощук В.А. Термодинамічна оптимізація зразкового циклу бінарної ПГУ з котлом-утилізатором при допомозі сучасних інформаційних технологій / В.А. Волощук, В.Ф. Очков, К.А. Орлов // Вестник НТУ "ХПИ". – 2010. – №2. – С. 102-106.

6. Сетевые расчеты процессов и циклов тепло-энергетических установок / В.Ф. Очков, А.А. Александров, К.А. Орлов, В.А. Волощук, А.В. Очков // Новое в российской электроэнергетике. – 2008. – № 10. – С. 5-27.

7. Лебедев А.С. Тенденции повышения эффективности ГТУ / А.С. Лебедев, С.В. Костенников // Теплоэнергетика. – 2008. – № 6. – С. 11-18.

Надійшла до редакції 15.09.10

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. кафедри теплоенергетики та машинознавства В.І. Лозбін, Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛОВ ПГУ ПРИ ПОМОЩИ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.А. Волощук, В.Ф. Очков, К.О. Орлов

На основе математического моделирования, с использованием технологии Mathcad Calculation Server в работе приведены примеры исследования некоторых циклов ПГУ. Показано, что в целом, кроме существующих способов (повышение температуры газа на входе в газовую турбину, оптимизация параметров пара на входе в паровую турбину, использование многоконтурных котлов-утилизаторов и т. д.) усложнение цикла ПГУ, а именно промежуточное сжатие с охлаждением циклического воздуха в ГТУ и промежуточное подвод теплоты к рабочему телу в ГТУ, позволяет повысить электрический КПД ПГУ. Вместе с тем показано, что существуют оптимальные значения параметров усложнения цикла ПГУ (степень промежуточного сжатия воздуха и степень промежуточного расширения газа в ГТУ), при которых ККД ПГУ достигает максимума.

Ключевые слова: информационные технологии, Mathcad Calculation Server, циклы парогазовых установок, электрический КПД.

INVESTIGATIONS OF CYCLES OF GAS-STEAM COMBINED PLANTS WITH THE HELP OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES

V.A. Voloshchuk, V.F. Ochkov, K.O. Orlov

On the base of mathematical modelling, with the use of the Mathcad Calculation Server technology the examples of investigations of some cycles of Gas-Steam Combined Plant are given in the work. It is shown, that at whole, except for existent methods (increasing gas turbine inlet temperature, optimization of steam turbine inlet parameters, using multipressure steam generators, etc.) the complication of the Gas-Steam Combined cycle, namely intermediate compression with intercooling of cyclic air and reheat in gas turbine cycle, allows to increase efficiency. It is shown at the same time, that there are optimal values of parameters of complication of the Gas-Steam Combined cycle (degree of intermediate compression of air and degree of intermediate expansion of gas in gas turbine cycle) at which efficiency of plant achieves a maximum.

Keywords: information technologies, Mathcad Calculation Server, cycles of Gas-Steam Combined Plant, electric efficiency.

Волощук Володимир Анатолійович – канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики та машинознавства Національного університету водного господарства та природокористування, Рівне, Україна, e-mail: Volodya-28@yandex.ru.

Очков Валерій Федорович – д-р техн. наук, професор кафедри технології води та палива Московського енергетичного інституту (Технічний університет), Росія, Москва, e-mail: OchkovVF@mpei.ru.

Орлов Константин Александрович – канд. техн. наук, доцент кафедри технології води та палива Московського енергетичного інституту (Технічний університет), Росія, Москва, e-mail: orlov@twt.mpei.ac.ru.