

Винахід відноситься до енергетики і, зокрема, до газотурбобудування і може бути використаний при проектуванні нових та модернізації діючих газотурбінних установок.

В якості аналога прийнято газопаротурбінний привід газоперекачувального агрегату компресорної станції, який включає компресор, камеру згорання, турбіну, котел-утилізатор і систему подачі пари перед турбіною, [див. Динков В. А., Грищенко В. И., Васильев Ю. Н. Повышение эффективности использования газа на компрессорных станциях. - М. "Недра", 1981].

Відомий газопаротурбінний привод газоперекачувального агрегату має недолік, який полягає в тому, що він не має конденсатора, а відповідно і не передбачає конденсації водяної пари з відпрацювавших газів, яка подана в проточну частину газопаротурбінного двигуна, що потребує великих витрат прісної води.

У якості прототипу прийнята газопаротурбінна установка, яка включає газовий контур, що складається з газотурбінного двигуна з пристроєм, який очищує повітря, і додатковий газопаровий контур, що складається з газопарової камери згорання і газопарової турбіни; в кожному контурі по ходу відпрацювавших газів за турбінами розташовані утилізаційний парогенератор (котел-утилізатор) і контактний конденсатор з тепломасообмінними елементами у вигляді зрошуваних сітчастих насадок. При цьому контактний конденсатор газопарового контуру підключений через пристрій очищення і підготовки води до входу парогенераторів, а через пристрій очистки води і охолодник одночасно підключений до входу конденсаторів і цистерни надлишкової води [див. патент України №15127].

Відома газопаротурбінна установка має наступні недоліки: перший з них полягає в тому, що вона складається з двох контурів, кожний із яких складає конструкцію і підвищує її вартість. Другий недолік обумовлений відсутністю пристрою подачі пари з котла-утилізатора в камеру згорання газового контуру, що виключає можливість зменшення утворення в ній шкідливих сполучень і одночасно ускладнює умови конденсації водяної пари із відпрацювавших газів. Третій недолік пов'язаний з тим, що конструкція паропроводу подачі пари в камеру згорання газопарового контуру не включає відведення, по якому б частина пари подавалась в її первинну зону для зменшення утворення шкідливих сполучень при згоранні палива.

У винаході вирішується задача створення газопаротурбінного приводу газоперекачувального агрегату з використанням тільки газопарового контуру, який має пристрої для оптимізації параметрів середовищ, що рухаються, застосування конструкції паропроводу, який би забезпечував подачу пари в первинну і вторинну зони камери згорання окремими потоками, для зменшення токсичного впливу на навколишнє середовище.

Поставлена задача вирішується тим, що газопаротурбінний привід газоперекачувального агрегату компресорної станції, що містить повітряний компресор, камеру згорання, газопарову турбіну пов'язану з компресором та нагнітачем природного газу і послідовно розташовані за турбіною в напрямку руху відпрацювавших газів котел-утилізатор з економайзером, випарником, пароперегрівником і барабаном-сепаратором та конденсатор, при цьому барабан-сепаратор своїм входом по воді підключений до виходу економайзера і входом по пароводяній суміші - до виходу випарника, а своїм виходом по воді підключений до входу по воді випарника, а виходом по насиченій парі - до входу пароперегрівника, який підключений до камери згорання, а конденсатор своїм виходом по воді через декарбонізатор і бак конденсату підключений до входу насоса охолоджувальної системи, який своїм виходом підключений до баку живильної води і одночасно через охолодник охолоджувальної води і фільтр - до розпилювача, що подає охолоджену воду на вхід конденсатора, а бак живильної води своїм виходом через деаератор і циркуляційний насос підключений до входу економайзера котла-утилізатора, відповідно до винаходу вихід пароперегрівника котла-утилізатора підключений до камери згорання двома розділними трубопроводами, одним з них - до простору первинної зони камери згорання, який утворений внутрішньою поверхнею жарової труби та завихрювачем, а другим - до простору вторинної зони камери згорання, який утворений її корпусом та зовнішньою поверхнею жарової труби, а паливна система камери згорання підключена через регулятор до магістрального газопроводу перед нагнітачем природного газу, а барабан-сепаратор котла-утилізатора по воді, що відбирається на очистку, підключений до розширювача постійної продувки, який своєю паровою порожниною підключений до газової порожнини деаератора, а своїм виходом по воді підключений до входу системи очищення води, яка одночасно своїм входом підключена до джерела сирової води, а виходом - до баку живильної води, одночасно барабан-сепаратор своєю найнижчою частиною по воді додатково підключений до розширювача періодичної продувки, який своїм виходом по воді підключений до баку збору продуктів регенерації, котрий в свою чергу підключений до входу системи очищення води і одночасно по насиченій парі барабан-сепаратор підключений до газової порожнини деаератора.

Нова сукупність суттєвих ознак відсутня у відомих технічних рішеннях та дозволяє одержати такі переваги:

- в 2,5 - 3 рази знизити утворення оксидів азоту в продуктах згорання і в такому ж відношенні зменшити їхні викиди в навколишнє середовище за рахунок подання частини пари в первинну зону камери згорання;

- суттєво (до 40%) зменшити витрати енергії на підготовку води, що надходить до котла-утилізатора за рахунок постійного відбору та очищення тільки незначної її частини та використання в деаераторі пари, отриманої при розширенні води, що відбирається;

- зменшення витрат енергії на охолодження охолоджувальної води за рахунок зниження витрат охолоджувального повітря при зниженні температури навколишнього середовища;

- виключення витрат енергії на додаткове стиснення природного газу, що надходить до камери згорання.

На фіг. зображено теплову схему запропонованого газопаротурбінного приводу газоперекачувального агрегату.

Газоперекачувальний агрегат складається з нагнітача природного газу 1 та газопаротурбінного двигуна 2, що включає послідовно розташовані компресор 3, камеру згорання 4 та газопарову турбіну 5, яка жорстко пов'язана одночасно з компресором 3 та нагнітачем природного газу 1 і послідовно розташовані за рухом відпрацювавших газів, котел-утилізатор 6 та контактний конденсатор 7. Котел-утилізатор 6 включає економайзер 8, випарник 9, пароперегрівник 10 і барабан-сепаратор 11, який своїм входом по воді підключений до виходу економайзера 8, а входом по пароводяній суміші - до виходу випарника 9, а своїм виходом по воді підключений до входу по воді випарника 9, а виходом по насиченій парі - до входу пароперегрівника 10, який своїм виходом по перегрітій парі підключений роздільними трубопроводами одночасно до первинної та вторинної зон камери згорання 4. Крім того барабан-сепаратор 11 по воді підключений трубопроводом 12 до розширювача постійної продувки 15, а трубопроводом 13 з краном 14 до розширювача періодичної продувки 16. Розширювач 15 своїм виходом по воді підключений до входу системи очищення води 17, яка одночасно через трубопровід 18 з краном 19 підключена до джерела сирій води, а своїм виходом вона підключена трубопроводом 20 до баку живильної води 21. Конденсатор 7 своїм виходом по воді через декарбонізатор 22 і бак конденсату 23 підключений до насоса охолоджувальної системи 24, який подає охолоджену воду на його вхід через охолоджувач охолоджувальної води 25, фільтр 26 і розпилювач 27, а своїм виходом по відпрацювавших газах конденсатор 7 сполучений з атмосферою. Одночасно насос охолоджувальної системи 24 підключений до баку живильної води 21, який своїм виходом через деаератор 28, і циркуляційний насос 29 підключений до входу по воді економайзера 8 котла-утилізатора 6, а газова порожнина деаератора 28 підключена трубопроводом 30 до парової порожнини розширювача 15 та одночасно трубопроводом 31 з регулятором 32 до парової порожнини барабана-сепаратора 11 котла-утилізатора 6, котрий, в свою чергу, через розширювач періодичної продувки 16 підключений до баку збору продуктів регенерації 33, а останній підключений через трубопровід 34 з краном 35 до системи очищення води 17. Природний газ для живлення паливом камери згорання 4 газопаротурбінного двигуна 2 відбирається через регулятор 36 із магістрального газопроводу до нагнітача природного газу 1.

Газопаротурбінний привід газоперекачувального агрегату працює наступним чином.

Атмосферне повітря через компресор 3 газопаротурбінного двигуна 2 подають до камери згорання 4, куди з магістрального газопроводу до газоперекачувального агрегату через регулятор витрат 36 подають природний газ, а з котла-утилізатора 6 по роздільних трубопроводах подають пару. При цьому по одному з них пару подають до первинної зони камери згорання 4 з масовою витратою, що складає 135-150% від масової витрати природного газу та змішують її з повітрям та природним газом в просторі, що утворений внутрішньою поверхнею жарової труби та завихрювачем, а по другому - у вторинну зону камери згорання 4 та змішують її з повітрям в просторі, утвореному її корпусом та зовнішньою поверхнею жарової труби. Отриману в камері згорання 4 газопарову суміш направляють на газопарову турбіну 5, де її розширюють, перетворюючи її потенційну енергію спочатку в кінетичну енергію, а потім в механічну роботу, яку використовують для привода компресора 3 та нагнітача природного газу 1. Газопарову суміш, що відпрацювала в турбіні 5 (відпрацювавши гази), направляють до котла-утилізатора 6, де утилізують її теплоту з утворенням в економайзері 8 насиченої води, яку потім в випарнику 9 і барабані-сепараторі 11 перетворюють на сухий насичений пар, який після перегріву в пароперегрівнику 10 подають викладеним вище способом до камери згорання 4, а частину насиченої води з барабана-сепаратора 11 відбирають і по трубопроводу 12 продувають безперервно з витратою, яка складає - 0,9-1,1% від її витрати, що спрямована в котел-утилізатор 6, а по трубопроводу 13 і через кран 14 насичену воду з найнижчої частини барабана-сепаратора 11 продувають періодично (при кожному запуску та зупинці котла-утилізатора 6, при накопиченні шламу або насиченні води хімічно активними речовинами до заданої межі і аварійних випадках при значному рості загальної концентрації солей) в розширювач періодичної продувки 16, із якого подають її в бак збору продуктів регенерації 33, а далі через трубу 34 та кран 35 - в систему очищення води 17. Крім того, із барабана-сепаратора 11 частину насиченої пари через трубопровід 31 та регулятор 32 подають в деаератор 28.

Газопарову суміш, що відпрацювала в газопаровій турбіні 5 та остудилася в котлі-утилізаторі 6, направляють до конденсатора 7, де її охолоджують при змішанні з охолоджувальною водою та конденсують з неї водяну пару.

Відпрацювавши гази, осушені та охолоджені, відводять з конденсатора 7 в атмосферу, а нагріту охолоджувальну воду разом з утвореним конденсатом відводять в декарбонізатор 22. Після декарбонізації її направляють в бак конденсату 23, звідки забирають насосом 24 та поділяють на два потоки: один з них охолоджують в охолоджувачі охолоджувальної води 25 і через фільтр 26 направляють в розпилювач 27, після якого змішують з відпрацювавшою газопаровою сумішшю, в конденсаторі 7. Другий потік направляють в бак живильної води 21, звідки його подають до деаератора 28, а після деаерації через циркуляційний насос 29 направляють в економайзер 8 котла-утилізатора 6.

Газопаротурбінний привід газоперекачувального агрегату компресорної станції, що пропонується, пройшов необхідний комплекс досліджень, а на даний час його промисловий зразок переданий до експлуатації на компресорну станцію "Ставищенська".

На відміну від прототипу запропонований газопаротурбінний привід має ряд суттєвих переваг. Це обумовлено тим, що його реалізація здійснюється в одному (газопаровому) контурі, а не в двох, як у прототипі. У зв'язку з цим у нього відсутні недоліки, які притаманні прототипу та пов'язані з наявністю у

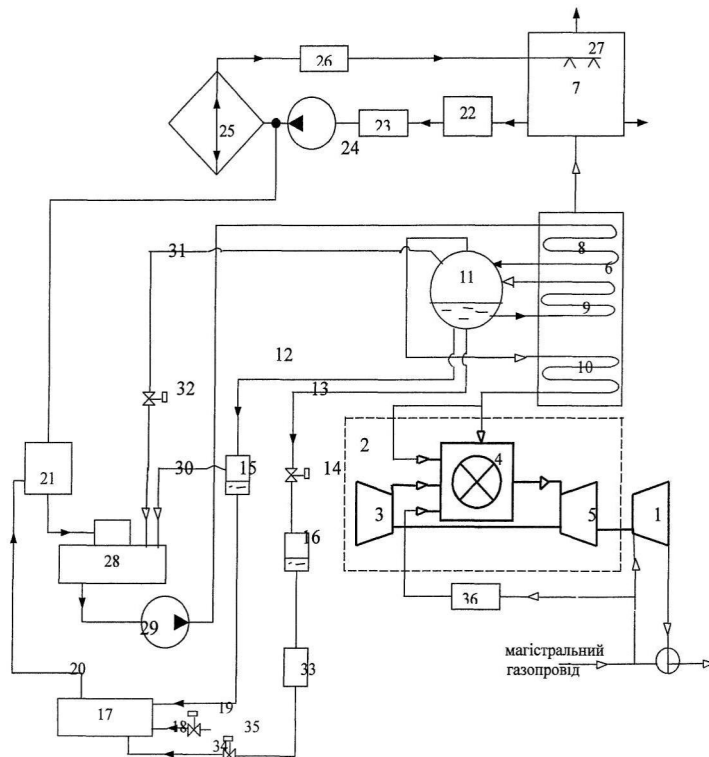
нього газового контуру, до яких насамперед відноситься:

відсутність подачі пари в первинну зону камери згорання в результаті чого виключається можливість зниження утворення шкідливих сполучень ( $\text{NO}_x$ ) в зоні горіння;

через невеликий паровміст (не більше 5%) відпрацьованих газів, різко ускладнюються умови конденсації з них пари. Для того, щоб почалася конденсація при вказаному паровмісті відпрацьовані газы, необхідно охолоджувати до  $40^\circ\text{C}$ , в той час, коли в газопаровому контурі конденсація починається при температурі відпрацьованих газів  $64,5^\circ\text{C}$ .

ускладнюється газопаротурбінна установка внаслідок наявності в ній двох котлів-утилізаторів та двох конденсаторів, що суттєво підвищує витрати на її експлуатацію та збільшує капітальні вкладення і тим самим значно погіршує техніко-економічні показники.

Крім того, на відміну від прототипу, запропонований газопаротурбінний привід газоперекачувального агрегату має значно менші експлуатаційні витрати на очищення та підготовку води, що циркулює в утилізаційному контурі та більш низький рівень теплового та токсичного впливу на навколишнє середовище.



Фіг.