

Винахід відноситься до галузі енергетики, і, зокрема до газопаротурбінних установок і може бути використано при проектуванні нових і модернізації діючих газопаротурбінних установок.

В якості аналога прийнято спосіб перетворення теплової енергії в механічну, що включає наступні процеси: стиснення повітря, спалення вуглеводневого палива, змішування отриманих продуктів згоряння з водяною парою, перетворення в роботу потенційної енергії газопарової суміші при її розширенні, утилізацію теплоти відпрацьованих при їх охолодженні з утворенням перегрітої водяної пари, додаткове охолодження відпрацьованих газів з конденсацією з них водяної пари, подачі отриманого конденсату в котел-утилізатор (см. патент України №15127).

Відомий спосіб володіє хибою, яка полягає в тому, що відпрацьовані гази після утилізації їхньої теплоти в котлі-утилізаторі мають високу температуру (не нижче 160-170°C), що суттєво знижує економічність газопаротурбінної установки і одночасно ускладнює процес конденсації водяної пари з відпрацьованих газів.

В якості прототипу прийнято спосіб роботи енергетичної установки, що включає процеси: стиснення повітря, спалення в ньому вуглеводневого палива, змішування продуктів згоряння з водяною парою, утвореною в котлі-утилізаторі, перетворення в роботу потенційної енергії отриманої газопарової суміші при її розширенні в турбіні, утилізації теплоти відпрацьованої газопарової суміші (відпрацьованих газів) в котлі-утилізаторі з утворенням перегрітої пари і насиченої води, додаткове охолодження відпрацьованих газів з конденсацією з них водяної пари, подачі конденсату в котел-утилізатор з змішування насиченої води з відібраним за компресором стисненим повітрям з частковим її випаровуванням, охолодженням і змішуванням з конденсатом і нагрівання отриманої повітряної суміші теплою відпрацьованих газів перед охолодженням їх в котлі-утилізаторі і змішування її з продуктами згоряння в камері згоряння (див. патент України №19903, який видано по авторському свідоцтву СРСР №1830421).

В якості прототипу прийнята газопаротурбінна установка, що містить повітряний компресор, підключену до нього камеру згоряння з газовою турбіною, камеру згоряння з парогазовою турбіною, теплообмінник, котли-утилізатори з економайзерами і барабанами-сепараторами, підключені відповідно до вихлопів газової і парогазової турбін. Також установка включає підігрівач пароповітряної суміші, розташований перед котлом-утилізатором по ходу відпрацьованих газів, трубопровід подачі води із барабана-сепаратора в тепломасообмінник, насоси і конденсатор, розташований за котлом-утилізатором і підключений по конденсату до економайзера (див. патент України №19903, який видано по авторському свідоцтву СРСР №1830421).

Відомий спосіб володіє наступними недоліками:

- при змішанні стисненого повітря з насиченою водою воно суттєво охолоджується (примірно з 500°C до 220-240°C), що не дивлячись на підігрів його в складі пароповітряної суміші відпрацьованими газами, потребує додаткової витрати палива на його нагрівання в камері згоряння;

- в зв'язку з зменшеним перегрівом пари в котлі-утилізаторі із-за передачі частини теплоти відпрацьованими газами паровоздушній суміші знижується економічність газопаротурбінної установки;

- мала різниця в тисках між порожнинами за компресором і в камері згоряння потребує додаткового стиснення відбираемого стисненого повітря для проштовхування його через тепломасообмінник і підігрівач пароповітряної суміші, що потребує додаткової витрати роботи і тим самим погіршує економічні і потужності показники газопаротурбінної установки.

В винаході вирішується задача створення способу перетворення теплової енергії в механічну шляхом поглиблення утилізації теплоти відпрацьованих газів при безпосередньому контакті насиченої води і паливного газу, що підвищує економічність і потужність газопаротурбінної установки і зменшує теплове і токсичне навантаження на навколишнє середовище.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі перетворення теплової енергії в механічну, що включає процеси: стиснення повітря, розподіл його на первинне і вторинне в камері згоряння, змішування вторинного повітря з водяною парою з наступним змішуванням пароповітряної суміші з продуктами згоряння, розширення утвореної газопарової суміші з перетворенням її потенційної енергії в механічну, утилізації теплоти відпрацьованої газопарової суміші (відпрацьованих газів) з утворенням перегрітої пари і насиченої води, додаткового охолодження відпрацьованих газів з конденсацією водяної пари, подачі конденсату в котел-утилізатор і подачі насиченої води в масообмінник, яку після часткового випаровування і охолодження вилучають з масообмінника і змішують з конденсатом, відповідно до винаходу насичену воду в теплообміннику вводять в контакт з паливним газом, котрий при цьому нагрівають і насичують водяною парою, вилучають з масообмінника, змішують з первинним повітрям в камері згоряння і спалюють.

Поставлена задача вирішується тим, що газопаротурбінна установка, що включає повітряний компресор, камеру згоряння з первинною і вторинною зонами, газопарову турбіну сполучену з споживачем механічної енергії і послідовно розташовані по напрямку руху відпрацьованих газів котел-утилізатор з барабаном-сепаратором і конденсатор, котрий своїм виходом по конденсату через деаератор і насос підключений до входу котла-утилізатора, а також теплообмінник, який своїм входом по воді підключений до барабана-сепаратора, а виходом через деаератор і насос - до входу котла-утилізатора, відповідно до винаходу теплообмінник своїм входом по газу підключений до системи регулювання подачі паливного газу в газопаротурбінну установку, а своїм виходом по газопаровій суміші підключений до первинної зони камери згоряння.

Нова сукупність істотних ознак відсутня у відомих технічних рішеннях і дозволяє одержати такі переваги:

1. В зв'язку з тим, що газова постійна паливного газу порівняно з повітрям вища більш як в 1,7 рази, вдається суттєво зменшити температуру охолодженої води на виході з тепломасообмінника при однаковій витраті через нього газового середовища. Це суттєво поглиблює утилізацію теплоти відпрацьованих газів і тим самим збільшує коефіцієнт корисної дії (ККД) і потужність газопаротурбінної установки.

2. В зв'язку з нагріванням паливного газу (приблизно до 180-220°C) при контакті з насиченою водою в тепломасообміннику суттєво знижуються витрати палива в камері згоряння, що додатково підвищує ККД газопаротурбінної установки.

3. Відомо, що подача пари, як інертного газу, в зону горіння (первинну зону), особливо якщо вона вже

перемішана з газовим паливом, в десятки і навіть в сотні раз ефективніше діє на зменшення утворення оксидів азоту порівняно з подачею його у вторинну зону. Тому змішуванням пари з паливним газом в теплообміннику одночасно з проблемою економічності вирішує і екологічну проблему.

На фігурі зображена теплова схема газопаротурбінної установки, що реалізує запропонований спосіб.

Газопаротурбінна установка включає повітряний компресор 1, камеру згоряння 2 з первинною і вторинною зонами, газопарову турбіну 3 сполучену з споживачем механічної енергії 4 і послідовно розташовані по напрямку руху відпрацьованих газів котел-утилізатор 5 з барабаном-сепаратором 6 і конденсатор 7, котрий своїм виходом по воді через деаератор 8 і насос 9 підключений до входу котла-утилізатора 5. Газопаротурбінна установка також включає тепломасообмінник 10, котрий своїм входом по воді підключений до барабана-сепаратора 6 котла-утилізатора 5, а виходом - до деаератора 8 і далі через насос 9 до входу котла-утилізатора 5. Одночасно теплообмінник 10 своїм входом по газу підключений до системи регулювання 11 подачі паливного газу в газопаротурбінну установку, а своїм виходом по газопаровій суміші підключений до первинної зони камери згоряння 2.

Спосіб здійснюється газопаротурбінною установкою таким шляхом: Атмосферне повітря стиснується в компресорі 1 і поділяється на два потоки: первинний і вторинний, котрі спрямовують в камеру згоряння 2 відповідно в її первинну і вторинну зони. Одночасно до вторинної зони камери згоряння 2 подають пару з котла-утилізатора 5 і змішують з вторинним повітрям, а створену пароповітряну суміш змішують з продуктами згоряння, отриманими в первинній зоні. Отриману парогазову суміш спрямовують в газопарову турбіну, де її розширяють, перетворюючи при цьому її теплову енергію в механічну, яку передають споживачеві 4. Відпрацьовувану в газопаровій турбіні 3 газопарову суміш (відпрацьовані гази) спрямовують в котел-утилізатор 5, де при охолодженні утилізують їхню теплоту з створенням, перегрітої пари і насиченої води. Після котла-утилізатора 5 відпрацьовані гази спрямовують в конденсатор 7, де їх додатково охолоджують з конденсацією водяної пари. Створений при цьому конденсат спрямовують, в деаератор 8 і далі через насос 9 в котел-утилізатор 5, а осушені відпрацьовані гази - в атмосферу. Одночасно при цьому насичену воду із барабана-сепаратора 6 подають в тепломасообмінник 10, де вводять її в контакт з паливним газом, нагріваючи їх і зволожуючи водяною парою, за рахунок часткового випаровування і охолодження води. Нагрітий і зволожений паливний газ подають в камеру згоряння 2, де в їх первинній зоні змішують з первинним повітрям і спалюють, а охолоджену в масообмінникові 10 воду подають в деаератор 8, а далі через насос 9 - в котел-утилізатор 5.

Порівняно з прототипом пропонуємий спосіб перетворення теплової енергії в механічну суттєво покращує економічні, екологічні і потужності показники газопаротурбінної установки, яка його реалізує.

Дослідами встановлено, що порівняно з прототипом вона має підвищений ККД на 3,5% абсолютних, а потужність на 28%. При цьому вміст оксидів азоту в відпрацьованих газах не перевищує  $35-38 \text{ мг/м}^3$  відпрацьованих газів, що в 2,5 рази нижче світових норм.

Крім викладеного, слід також відмітити, що збільшення потужності газопаротурбінної установки на 28% приблизно на стільки ж зменшує вартість її кіловата встановленої потужності.

