



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **112187** (13) **C2**  
(51) МПК (2016.01)  
**C21B 7/10** (2006.01)  
**F27B 1/24** (2006.01)  
**F27D 9/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

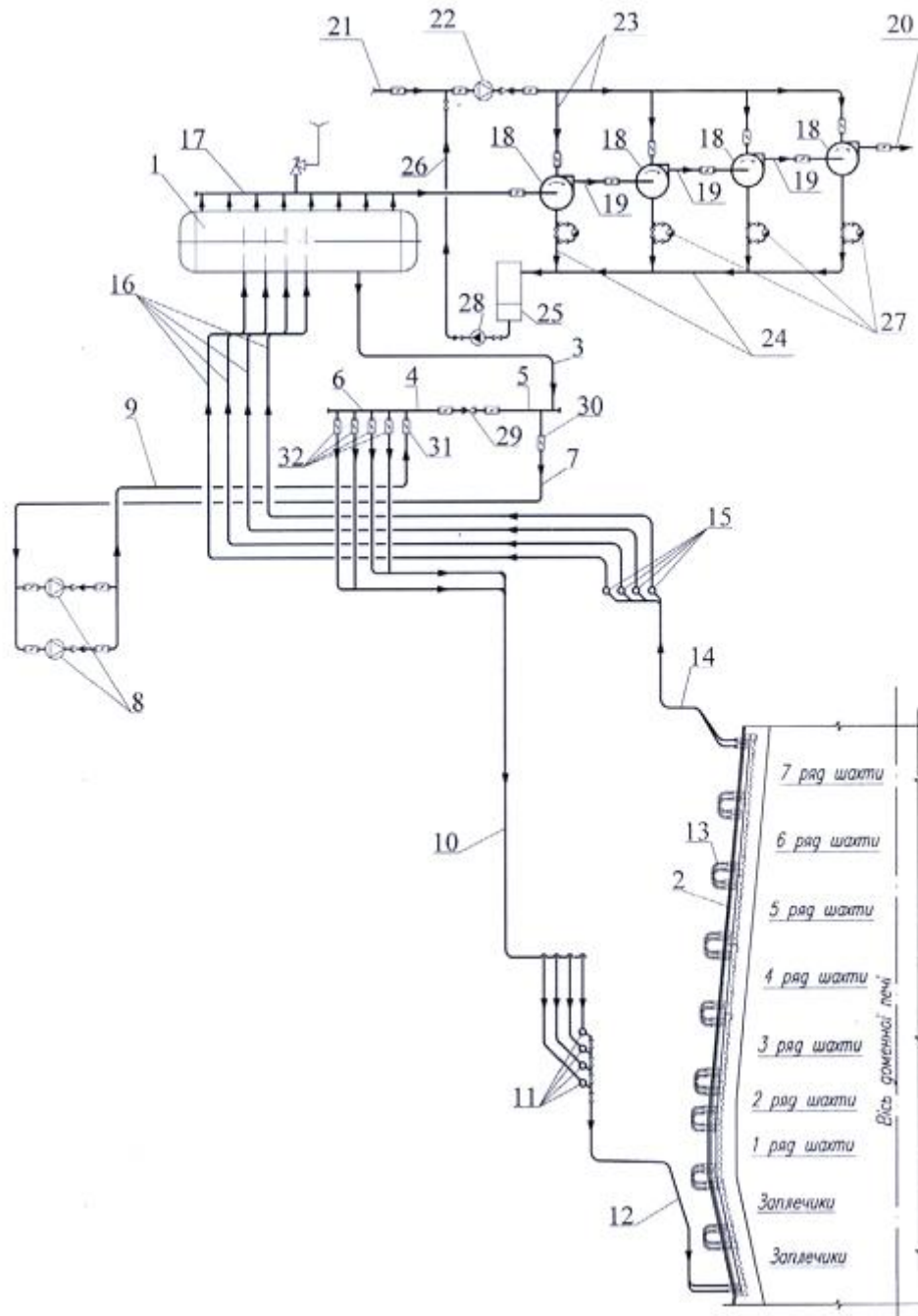
<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2013 15585</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Сталінський Дмитро Віталійович (UA),</b> <b>Кітченко Володимир Костянтинович</b> <b>(UA),</b> <b>Жученко Олександр Захарович (UA),</b> <b>Виноградов Олександр Олександрович</b> <b>(UA),</b> <b>Цигульов Юрій Ігорович (UA),</b> <b>Пантюхова Юлія Олександрівна (UA),</b> <b>Терепенчук Дмитро Ігорович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>31.12.2013</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>10.08.2016</b>	
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>12.05.2014, Бюл.№ 9</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО</b> <b>"УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ</b> <b>ЦЕНТР МЕТАЛУРГІЙНОЇ</b> <b>ПРОМИСЛОВОСТІ "ЕНЕРГОСТАЛЬ",</b> пр. Науки, 9, м. Харків-166, 61166 (UA)
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.08.2016, Бюл.№ 15</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1321752 A, 07.07.1987 UA 67498 U, 27.02.2012 UA 102226 C2, 25.06.2013 SU 1206309 A, 23.01.1986 GB 1471037 A, 21.04.197 JP 58213807 A, 12.12.1983 JP 5392303 A, 14.08.1978

**(54) СИСТЕМА ВИПАРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО АГРЕГАТУ**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до чорної металургії. Система випарного охолодження металургійного агрегату містить охолоджувані елементи та барабан-сепаратор з комунікаціями, що їх з'єднують, і трубопровідною арматурою. Крім того, система додатково обладнана засобом механічної компресії пари, з'єднаним паропроводом насиченої пари з барабаном-сепаратором та виконаним у вигляді щонайменше двох послідовно підключених парокompresорів. Використання винаходу забезпечує підвищення ефективності роботи системи.

UA 112187 C2



Об'єкт, що заявляється, належить до чорної металургії та може бути використаний для випарного охолодження доменних печей і клапанів гарячого дуття повітрянагрівачів доменних печей.

Найбільш близькою за сукупністю ознак до об'єкта, що заявляється, є вибрана як найближчий аналог система випарного охолодження доменної печі, що містить охолоджувачі елементи та барабан-сепаратор з комунікаціями, що їх з'єднують, і трубопровідною арматурою. При цьому найближчий аналог обладнаний з'єднаною з барабаном-сепаратором системою використання тепла пари, що виробляється, для нагрівання повітря горіння, яке подається до пальників повітрянагрівача доменної печі [Авт.св. № 1321752, МПК C21B7/10, опубл. 07.07.87].

У об'єкта, що заявляється, та вибраного як найближчий аналог співпадають такі суттєві ознаки. Обидві системи містять охолоджувачі елементи та барабан-сепаратор з комунікаціями, що їх з'єднують, і трубопровідною арматурою.

Аналіз технічних властивостей найближчий аналогу, обумовлених його ознаками, показує, що одержанню очікуваного технічного результату при використанні найближчого аналога перешкоджають такі причини. В системі за найближчим аналогом утворюється низькопотенційна водяна пара, яка непридатна для використання в технологічних і енергетичних цілях (виробляється пара з абсолютним тиском не більше 1,5 бар і температурою не більше 111 °C), така пара характеризується високим вмістом водяного конденсату та неможливістю її транспортування на великі відстані. Це призводить до того, що ця пара використовується для підігрівання або просто скидається в атмосферу, при цьому безповоротно втрачається близько 40 т/год. підготовленої хімічованої деаерованої води. Крім того, пара, що викидається, негативно впливає на навколишнє середовище, а в зимовий час конденсат у вигляді льоду осідає на металоконструкціях виробничих приміщень, завдає шкоди роботі обладнання, призводить до виникнення ризику травмування обслуговуючого персоналу. Все це призводить до зниження ефективності роботи системи випарного охолодження металургійного агрегату в цілому.

В основу об'єкта, що заявляється, поставлено задачу створити таку систему випарного охолодження металургійного агрегату, в якій удосконалення шляхом введення нових елементів і нових зв'язків між елементами дозволять при використанні об'єкта, що заявляється, забезпечити досягнення технічного результату, який полягає у підвищенні ефективності роботи системи випарного охолодження металургійного агрегату.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що система випарного охолодження металургійного агрегату, що містить охолоджувачі елементи та барабан-сепаратор з комунікаціями, що їх з'єднують, і трубопровідною арматурою, згідно з технічним рішенням, що заявляється, додатково обладнана засобом механічної компресії пари, з'єднаним паропроводом насиченої пари з барабаном-сепаратором та виконаним у вигляді щонайменше двох послідовно підключених пароконпресорів.

В окремих випадках виконання система, що заявляється, може характеризуватися тим, що:

- вона додатково обладнана засобом, що забезпечує примусову циркуляцію охолодного середовища;

- пароконпресори виконані роторними з осьовою впускною частиною та радіальним соплом, що розширюється, обладнані електроприводом та системою підведення і впорскування хімічованої деаерованої води та відведення конденсату.

При використанні об'єкта, що заявляється, забезпечується досягнення технічного результату, який полягає у підвищенні ефективності роботи системи випарного охолодження металургійного агрегату при підвищенні параметрів пари, яка нею виробляється, та при забезпеченні можливості її транспортування та подальшого використання для технологічних і енергетичних потреб. Крім того, при використанні об'єкта, що заявляється, забезпечується досягнення додаткового технічного результату, який полягає у скороченні втрат хімічованої деаерованої води.

Між сукупністю суттєвих ознак об'єкта, що заявляється, і технічним результатом, що досягається, існує такий причинно-наслідковий зв'язок.

Додаткове обладнання системи випарного охолодження, що заявляється, засобом механічної компресії пари, який з'єднаний паропроводом насиченої пари з барабаном-сепаратором і виконаний у вигляді щонайменше двох послідовно підключених пароконпресорів, забезпечує послідовне, щонайменше у два етапи, пряме стиснення пари зі збільшенням тиску та з підвищенням температури, забезпечуючи підвищення параметрів пари, що виробляється системою випарного охолодження металургійного агрегату, а також забезпечуючи можливість її транспортування та використання для технологічних і енергетичних потреб. Крім того, підвищення параметрів пари до таких величин, які дозволяють її використовувати для

технологічних і енергетичних потреб, дозволяє запобігти втратам хімічищеної деаерованої води та скоротити її витрати на приготування пари для технологічних і енергетичних процесів, в які направляється перегріта пара з системи, що заявляється.

Додаткове обладнання системи, що заявляється, засобом, який забезпечує примусову циркуляцію охолодного середовища (наприклад, циркуляційними насосами), дозволяє забезпечити оптимальні швидкості охолодного середовища в контурах охолодження, знизити ймовірність пульсаційних коливань циркуляційних контурів охолодження, дозволяє підвищити параметри пароводяної суміші, що утворюється в охолоджуваних елементах, та сприяє підвищенню ефективності протікання наступних процесів підвищення параметрів пари в парокompresорах, що, в свою чергу, забезпечує стабільність, надійність і підвищення ефективності роботи системи випарного охолодження металургійного агрегату в цілому.

Обладнання системи, що заявляється, щонайменше двома послідовно підключеними парокompresорами, які виконані роторними з осьовою впускною частиною і радіальним соплом, що розширюється, та які обладнані електроприводом, а також системою підведення і впорскування хімічищеної деаерованої води та відведення конденсату дозволяє технологічно просто забезпечити ступеневе підвищення тиску і температури пари без перевищення критичних показників з найменшими витратами, а також дозволяє забезпечити надійність, ефективність та довговічність роботи парокompresорів. Все це забезпечує підвищення ефективності роботи системи випарного охолодження металургійного агрегату при підвищенні параметрів пари, що нею виробляється, та при забезпеченні можливості її транспортування та подальшого використання для технологічних і енергетичних потреб.

Використання парокompresорів роторного типу з осьовою впускною частиною та радіальним соплом, що розширюється, дозволяє конструктивно просто забезпечити найбільшу ефективність процесу поетапного (ступеневого) підвищення параметрів пари, оптимізувати швидкість і тиск пари на виході з попереднього парокompresора та на вході в наступний при послідовному підключенні парокompresорів, забезпечити транспортування пари для подальшого використання для технологічних і енергетичних потреб з огляду на якісні і кількісні показники пари, що виробляється системою випарного охолодження металургійного агрегату та використовується в металургійному виробництві. Крім того, забезпечується компактність розміщення, щонайменше, двох послідовно підключених парокompresорів в умовах діючих виробництв з мінімальними витратами.

Обладнання роторних парокompresорів системою підведення і впорскування хімічищеної деаерованої води та відведення конденсату дозволяє забезпечити підведення і впорскування води в парокompresор, наприклад, шляхом розпилювання за допомогою форсунок, а також запобігти накопиченню крапельної вологи у вигляді конденсату та забезпечити оптимальний режим роботи парокompresора. Крім того, впорскування води забезпечує очищення робочого органа парокompresора під час його експлуатації та перешкоджає налипанню на ньому забруднень, що, в свою чергу, запобігає розбалансуванню робочого органа. Все це забезпечує підвищення ефективності роботи системи випарного охолодження металургійного агрегату в цілому при підвищенні параметрів пари, що нею виробляється, та при забезпеченні можливості її транспортування та подальшого використання для технологічних і енергетичних потреб.

Суть об'єкта, що заявляється, пояснюється кресленням, на якому зображена принципова схема системи випарного охолодження такого металургійного агрегату, як доменна піч, із зображенням чотирьох парокompresорів.

- На кресленні позиціями позначені такі елементи:
- 1 - барабан-сепаратор;
  - 2 - холодильні плити;
  - 3 - опускний трубопровід;
  - 4 - головний розподільний колектор;
  - 5 - всмоктувальна ділянка головного розподільного колектора;
  - 6 - напірна ділянка головного розподільного колектора;
  - 7 - всмоктувальний трубопровід;
  - 8 - циркуляційні насоси;
  - 9 - нагнітальний трубопровід;
  - 10 - опускні трубопроводи;
  - 11 - опускні колектори;
  - 12 - індивідуальні опускні трубопроводи;
  - 13 - з'єднувальні калачі;
  - 14 - індивідуальні підйомні трубопроводи;
  - 15 - підйомні колектори;

- 16 - підйомні трубопроводи;
- 17 - паропровід насиченої пари;
- 18 - парокompресори;
- 19 - з'єднувальні паропроводи;
- 20 - паропровід перегрітої пари на технологічні потреби;
- 21 - трубопровід для підведення хімічищеної деаерованої води;
- 22 - підвищувальний насос хімічищеної деаерованої води;
- 23 - нагнітальні трубопроводи хімічищеної деаерованої води;
- 24 - конденсатопроводи для відведення конденсату;
- 25 - конденсатозбірник;
- 26 - спільний трубопровід відведення конденсату;
- 27 - конденсатовідвідник;
- 28 - конденсатний насос;
- 29 - трубопровідна арматура (зворотний клапан);
- 30 - трубопровідна арматура (затвор);
- 31 - трубопровідна арматура (затвор);
- 32 - трубопровідна арматура (затвор).

У конкретному прикладі виконання система випарного охолодження, наприклад, доменної печі, обладнана двома окремими вертикальними секціями охолодження аналогічної конструкції, які спільно охоплюють доменну ніч по висоті з двох протилежних боків (на кресленні показана одна секція). Кожна вертикальна секція містить барабан-сепаратор 1 і холодильні плити 2 з комунікаціями, що їх з'єднують, і трубопровідною арматурою.

Барабан-сепаратор 1 з'єднаний спільним опускним трубопроводом 3 з головним розподільним колектором 4, який трубопровідною арматурою 29 (зворотний клапан) розділений на всмоктувальну ділянку 5 та напірну ділянку 6. При цьому всмоктувальна ділянка 6 з'єднана зі спільним опускним трубопроводом 3 та через трубопровідну арматуру 30 (затвор) з'єднана зі всмоктувальним трубопроводом 7 циркуляційних насосів 8 (один робочий, один резервний), а напірна ділянка 6 з'єднана через трубопровідну арматуру 31 (затвор) з нагнітальним трубопроводом 9 циркуляційних насосів 8 та через трубопровідну арматуру 32 (затвор), опускні трубопроводи 10, опускні колектори 11 і індивідуальні опускні трубопроводи 12 з'єднана з нижнім рядом холодильних плит 2 запечиків доменної печі. Холодильні плити 2 виконані, наприклад, з залитими у двох площинах охолоджуваними трубками у вигляді зміювиків (на кресленні не показані), при цьому холодильні плити 2 (їхні зміювики) по висоті з'єднані між собою калачами 13, утворюючи вертикальний циркуляційний контур. Кожна секція містить, наприклад, чотири вертикальних циркуляційних контури охолодження. Верхній ряд холодильних плит 2 (їхні зміювики) шахти доменної печі з'єднаний через підйомні індивідуальні трубопроводи 14, підйомні колектори 15, підйомні трубопроводи 16 з барабаном-сепаратором 1. Барабан-сепаратор 1 розташований у вищій точці цього циркуляційного контуру.

Крім того, барабан-сепаратор 1 з'єднаний за допомогою паропроводу 17 насиченої пари з, наприклад, чотирма роторними парокompресорами 18, які виконані з осьовою впускною частиною і радіальним соплом, що розширюється, та які підключені послідовно за допомогою з'єднувальних паропроводів 19. Останній (за ходом пари) парокompресор 18 з'єднаний з паропроводом перегрітої пари 20 для відведення пари на технологічні потреби.

Роторні парокompресори 18 обладнані електроприводами, що забезпечують обертання робочого органа (на кресленні не показане) та системою підведення і впорскування хімічищеної деаерованої води та відведення конденсату, яка містить трубопровід 21 підведення води, підвищувальний насос 22, нагнітальні трубопроводи 23 для підведення води до парокompресорів 18, а також конденсатопроводи 24 для відведення конденсату через конденсатовідвідники 27 у конденсатозбірник 25, який спільним трубопроводом 26 відведення конденсату з'єднаний з трубопроводом 21. Впорскування конденсату в трубопровід 21 забезпечується за допомогою конденсатного насоса 28.

Охолодження доменної печі після первинного заповнення системи, що заявляється, здійснюється так. З барабана-сепаратора 1 охолодна вода надходить через спільний опускний трубопровід 3 у всмоктувальну ділянку 5 головного розподільного колектора 4, звідки при відкритій трубопровідній арматурі 30 (затвор) через всмоктувальний трубопровід 7 всмоктується циркуляційними насосами 8, які забезпечують необхідний папір для подолання гідравлічного опору системи та створення оптимальної швидкості пароводяної суміші у зміювиках холодильних плит 2. Далі вода надходить по нагнітальному трубопроводу 9 через відкриту трубопровідну арматуру 31 (затвор) в напірну ділянку 6 головного розподільного колектора 4, створюючи необхідний тиск для закриття трубопровідної арматури 29 (зворотний клапан) і

забезпечуючи відключення напірної ділянки 6 від всмоктувальної ділянки 5. Далі потік охолодної води розділяється, наприклад, на чотири паралельні потоки за кількістю вертикальних контурів охолодження (при цьому в кожному контурі охолодження забезпечуються задані витрати води) і при відкритій трубопровідній арматурі 32 (затвори) опускними трубопроводами 10 надходить до опускних колекторів 11, від яких індивідуальними опускними трубопроводами 12 вода надходить до нижнього ряду холодильних плит 2 запечиків доменної печі. Вода, що проходить по зміювиках, відбирає тепло від холодильних плит 2 і нагрівається до утворення пароводяної суміші. Використання циркуляційних насосів 8 сприяє підвищенню ефективності утворення пароводяної суміші та підвищенню її параметрів. Утворена пароводяна суміш від верхнього ряду холодильних плит 2 шахти доменної печі індивідуальними підйомними трубопроводами 14 надходить у підйомні колектори 15 і далі підйомними трубопроводами 16 в барабан-сепаратор 1, де відбувається відділення насиченої пари від води. Вода з барабана-сепаратора 1 через спільний опускний трубопровід 3 знову надходить до всмоктувальної ділянки 5 головного розподільного колектора 4, та процес повторюється.

Відсепарована насичена пара з абсолютним тиском 1,5 бар і температурою  $\sim 111^\circ\text{C}$  з барабана-сепаратора 1 спрямовується паропроводом насиченої пари 17 в осьову впускну частину першого роторного парокомпресора 18 (перша стадія компресії), де її тиск підвищується до 2 бар, а температура до  $121,15^\circ\text{C}$ . Далі пара з радіального сопла, що розширюється, першого парокомпресора 18 з'єднувальним паропроводом 19 надходить в осьову впускну частину другого парокомпресора 18 (друга стадія компресії), де її тиск і температура підвищуються, відповідно, до 2,7 бар і  $130,15^\circ\text{C}$ . Далі пара з радіального сопла, що розширюється, другого парокомпресора 18 з'єднувальним паропроводом 19 надходить в осьову впускну частину третього парокомпресора 18 (третьа стадія компресії), де її тиск і температура підвищуються, відповідно, до 3,6 бар і  $139,65^\circ\text{C}$ . Далі пара з радіального сопла, що розширюється, третього парокомпресора 18 з'єднувальним паропроводом 19 надходить в осьову впускну частину четвертого парокомпресора 18 (четверта стадія компресії), де її тиск і температура підвищуються, відповідно, до 4,6 бар і  $200^\circ\text{C}$ . Далі перегріта пара з радіального сопла, що розширюється, четвертого парокомпресора 18 паропроводом 20 перегрітої пари направляється на технологічні потреби.

Використання чотирьох послідовно підключених роторних парокомпресорів дозволяє підвищити параметри пари з вихідним абсолютним тиском 1,5 бар і температурою  $111,4^\circ\text{C}$  до кінцевого абсолютного тиску 4,6 бар і температури  $200^\circ\text{C}$  при витраті  $12,9\text{ т/год.}$ , забезпечуючи можливість її транспортування та подальшого використання в доменному цеху, наприклад, для колошникового пристрою, для бункерів безконусного завантажувального пристрою, для продування вирівняльних клапанів і зондів, для продування газопроводів чистого газу повітрянагрівачів, для продування газопроводів природного газу, в процесі заповнення пилословлявача, для ущільнення сідла відсічного клапана, для обігрівання сальника штанги відсічного клапана, у гвинтовому транспортері, для зволоження дуття та обігрівання азотопроводів та імпульсних трас.

Для забезпечення оптимального режиму роботи парокомпресорів 18, а також очищення їхнього робочого органа та запобігання налипанню забруднень з трубопроводу 21 за допомогою підвищувального насоса 22 нагнітальними трубопроводами 23 до них подається хімічищена деаерована вода, яка впорскується в корпус парокомпресорів 18, наприклад, шляхом розпилювання за допомогою форсунок (на кресленні не показані). При цьому крапельна волога у вигляді конденсату відводиться за допомогою конденсатовідвідників 27 через конденсатопроводи 24 у конденсатозбірник 25, з якого під час роботи конденсатного насоса 28 трубопроводом 26 впорскується в трубопровід 21.

Втрати води в системі охолодження металургійного агрегату, що заявляється, поповнюються хімічищеною деаерованою водою, яка подається в барабан-сепаратор 1, забезпечуючи постійне підтримання її необхідного рівня (на кресленні не показано).

У разі експлуатації системи, що заявляється, без використання засобу, що забезпечує примусову циркуляцію охолодного середовища (без циркуляційних насосів 8), при закритій трубопровідній арматурі 30 і 31 (затвори) на всмоктувальному 7 і нагнітальному 9 трубопроводах, відповідно, та відсутності тиску води на напірній ділянці 6 відкривається трубопровідна арматура 29 (зворотний клапан), забезпечуючи надходження води зі всмоктувальної ділянки 5 безпосередньо до напірної ділянки 6 головного розподільного колектора 4. Далі робота системи без використання засобу, що забезпечує примусову циркуляцію охолодного середовища, аналогічна роботі системи з його використанням, а циркуляція води забезпечується за рахунок різниці питомої ваги води і пароводяної суміші.

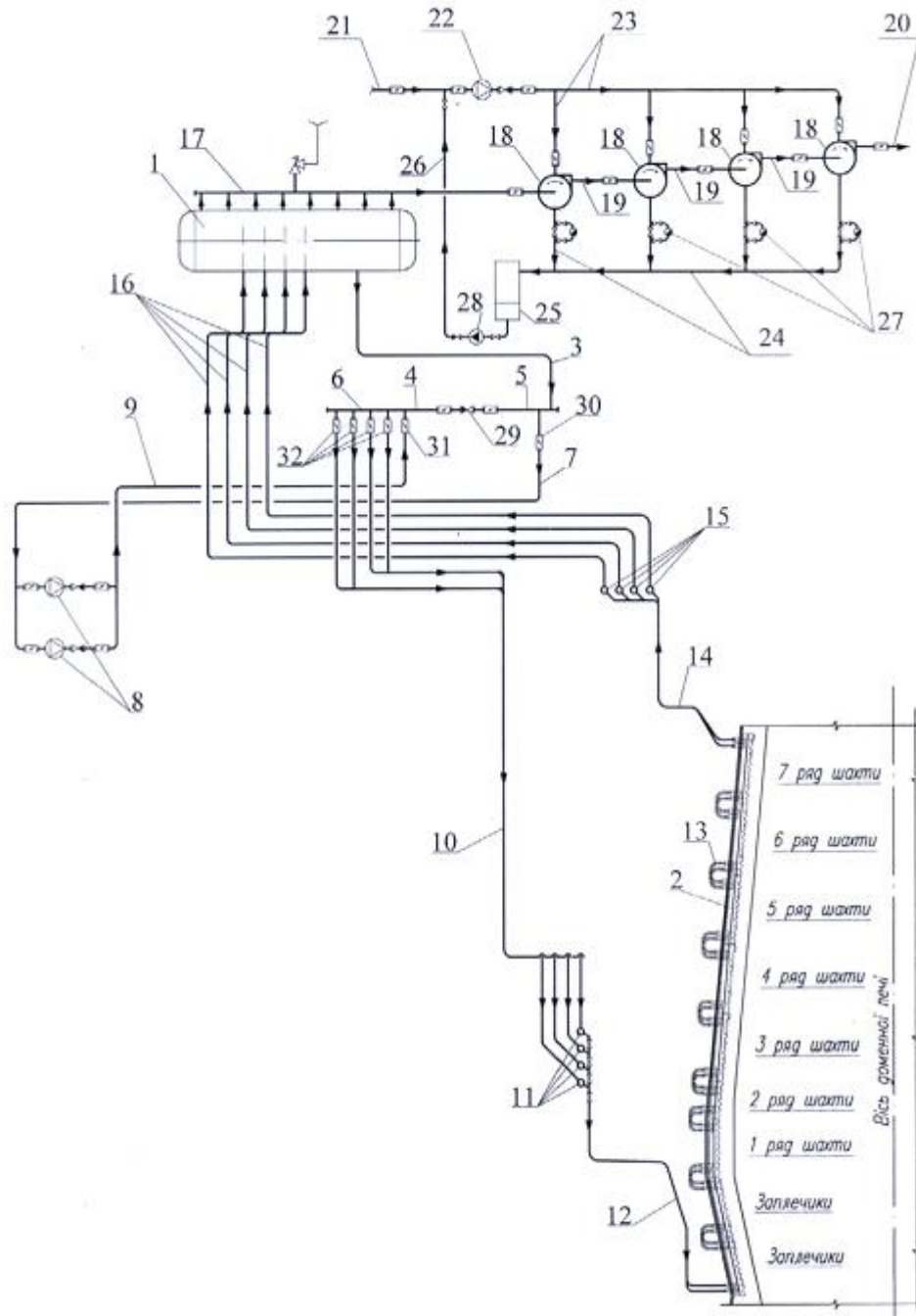
Все це за рахунок підвищення параметрів пари, яка виробляється системою, що

заявляється, та за рахунок забезпечення можливості її транспортування та подальшого використання для технологічних і енергетичних потреб забезпечує підвищення ефективності роботи системи випарного охолодження металургійного агрегату в цілому.

5

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Система випарного охолодження металургійного агрегату, що містить охолоджувані елементи та барабан-сепаратор з комунікаціями, що їх з'єднують, і трубопровідною арматурою, яка **відрізняється** тим, що вона додатково обладнана засобом механічної компресії пари, з'єднаним паропроводом насиченої пари з барабаном-сепаратором та виконаним у вигляді щонайменше двох послідовно підключених парокомпресорів.
2. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що вона додатково обладнана засобом, який забезпечує примусову циркуляцію охолодного середовища.
3. Система за п. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що парокомпресори виконані роторними з осьовою впускною частиною та радіальним соплом, що розширюється, обладнані електроприводом та системою підведення і впорскування хімічищеної деаерованої води та відведення конденсату.



Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601