

Винахід відноситься до обладнання енергетичних установок і стосується засобів, які забезпечують охолодження води, яка використовується в якості робочого тіла установки.

Із відомих технічних рішень найбільш близьким об'єктом до об'єкту за винаходом за сукупністю істотних ознак є спосіб охолодження рідини в градирні енергетичної установки, наведений в описі винаходу, і будова такої градирні, прийняті авторами за прототип винаходу.

Прийнятий за прототип об'єкт у частині способу становить собою спосіб охолодження рідини в градирні енергетичної установки, при якому тепло відводять у повітря навколишнього середовища, при цьому потік рідини розділяють на декілька потоків і кожний із них роздроблюють на краплі в нижній частині шахти з допомогою розпилюючого пристрою, спрямовують одержаний факел крапель рідини проти напрямку сил ваги, заповнюючи об'єм шахти градирні, рух рідини забезпечують коштом напору, який утворюється насосом і за рахунок сил ваги, а для руху в шахті потоку повітря використовують природну аерацію.

Прийнятий за прототип об'єкт у частині будови становить собою градирню енергетичної установки, що має шахту, в нижній частині якої установлено пристрій для роздроблення потоку рідини, причому напрямком виходу факела роздробленої рідини установлено під заданим кутом уверх, басейн для збирання охолодженої води, насос та трубопроводи.

Прийняті за прототип спосіб і будова забезпечують збільшене витрачання і повітря через шахту градирні.

Однак прийняті за прототип спосіб і будова мають істотний недолік, який полягає в тому, що під час роботи розбризкуючих сопел відносна швидкість руху крапель води та повітря, а також розмір крапель води не оптимальний, що приводить до зменшення ефективності теплообміну.

Задачею винаходу, що пропонується, є підвищення ефективності використання об'єму шахти градирні для здійснення теплообміну поміж краплями води та повітрям.

Внаслідок рішення цієї задачі досягнутий новий технічний результат, який полягає в опрацюванні конструкції градирні та способу охолодження в ній рідини, які дозволяють модернізувати існуючі на підприємствах градирні, зменшити експлуатаційні витрати та забезпечити підвищення ефективності охолодження теплої води. Використання винаходу під час проектування та виготовлення нових градирень дозволить значно знизити затрати на їх створення та експлуатацію, що підвищує їх конкурентоздатність порівняно з відомими.

Цей технічний результат досягнутий тим, що під час здійснення способу охолодження рідини в градирні енергетичної установки, при якому тепло відводять у повітря навколишнього середовища, при цьому потік рідини розділяють на декілька потоків і кожний із них роздроблюють на краплі в нижній частині шахти з допомогою розпилювального пристрою, спрямовують одержаний факел крапель рідини проти напрямку сил ваги, заповнюючи об'єм шахти градирні, рух рідини забезпечують за рахунок, який утворюється насосом і за рахунок сил ваги, а для руху в шахті потоку повітря використовують природну аерацію, отримують факел крапель рідини з розмірами часток завбільшки в середньому від 0,7 до 0,9 мм еквівалентного діаметра, причому кут відхилення осі факела крапель рідини від вертикалі установлюють завбільшки не більше 30 градусів і спрямовують роздроблену рідину до середини шахти при швидкості руху рідини в нижній частині шахти від 8 до 9 метрів за секунду.

Для здійснення способу, що пропонується, в градирні енергетичної установки, яка має шахту, в нижній частині якої установлено пристрій для роздроблення потоку рідини, причому напрямком виходу факела роздробленої рідини установлено під кутом уверх, басейн для збирання охолодженої води, насос та трубопроводи, відповідно до винаходу, пристрій для роздроблення потоку рідини виконано у вигляді відцентрово-струминних форсунок, а насос установлений з напором від 0,12 до 0,15 Мпа перед форсунками. При цьому форсунки можуть бути установлені по периферії шахти і в цьому випадку форсунки установлені з нахилом осі факела форсунки до центра шахти завбільшки не більше 30 градусів.

Відмітною особливістю заявлюваного винаходу є те, що одержують факел крапель рідини з розмірами часток величиною в середньому від 0,7 мм до 0,9 мм еквівалентного діаметра, причому кут відхилення осі факела крапель рідини від вертикалі установлюють величиною не більше 30 градусів і спрямовують роздроблену рідину до середини шахти при швидкості руху рідини в нижній частині шахти від 8 до 9 метрів за секунду.

При цьому рідина у вигляді крапель під дією сил інерції своєї маси рухається в межах шахти спочатку уверх, досягаючи у верхній зоні шахти нульової абсолютної швидкості, а потім униз - під дією сил ваги. Таке технічне рішення дозволяє забезпечити щонайбільшу довжину шляху краплі рідини в межах шахти градирні і отримати таким чином максимальний час відведення тепла від краплі в охолоджуюче повітря. При порівняно невеликих температурних напорах у процесі теплообміну поміж рідиною та охолоджуючим повітрям вплив коефіцієнтів теплопередачі на кількість відводимого тепла істотно зменшується порівняно з іншими процесами теплообміну. Визначальними чинниками зменшення температури охолоджуваної рідини стають поверхня теплообміну і час перебігу процесу теплопередачі. Збільшена поверхня крапель рідини порівняно з плівкою, яка утворюється на поверхнях насадок баштових та вентиляторних градирень, дозволяє отримати в заявлюваному винаході збільшену кількість тепла, що передається від рідини до охолоджуючого повітря. Збільшення довжини шляху потоку рідини при контакті з потоком охолоджуючого повітря в два рази порівняно з баштовими та вентиляторними градирнями, що зрошуються зверху, дозволяє також збільшити кількість тепла, яке передається від рідини до охолоджуючого повітря, що компенсує деяке зменшення коефіцієнта тепловіддачі порівняно, наприклад з вентиляторною градирнею і отримати істотний виграв за рахунок зниження енергозатрат.

Окрім того, роздроблення рідини здійснюють до часток величиною від 0,7 мм до 0,9 мм еквівалентного діаметра.

Таке технічне рішення дозволяє отримати оптимальне співвідношення поверхні краплі для відведення тепла та випарування, причому утрати води з випарюванням при цьому мінімальні, що врешті підвищує ефективність тепловідведення.

Наукові дослідження та експерименти, виконані авторами, показали, що при розмірі часток крапель рідини більше ніж 0,9 мм еквівалентного діаметра істотно зменшується питома площа поверхні контакту взаємодіючих середовищ, що приводить до зниження ефективності охолодження теплих вод. При розмірі часток крапель рідини менше ніж 0,7 мм еквівалентного діаметра істотно збільшується винос води з охолоджуючим повітрям, причому, ефективність краплевідбійника також істотно знижується. Спектр розмірів крапель рідини визначається розмірами діаметра сопла розбризкуючої форсунки та її конструкцією. Експерименти, виконані авторами, показали, що з появою у факелі форсунки істотної кількості часток рідини з розміром крапель, що перевищують 0,9 мм зниження температури охолоджуваної води досягається на 2-3°C менше, що для роботи градирні є надто істотним, і погіршує всі показники роботи енергетичної установки.

У винаході забезпечують зустрічний рух потоку роздробленої рідини та охолоджуючого повітря за рахунок швидкості рідини.

Досягається це завдяки наступній характерній особливості способу за винаходом, а саме - той, що швидкість руху роздробленої рідини при її подачі в нижній частині шахти установлюють від 8 до 9 метрів за секунду. При цьому отримують при найбільшому в процесі теплообміну температурному напорі найбільше значення коефіцієнта тепловіддачі і тим самим оптимізують затрати й вигоду, отримувані у відомих технічних рішеннях, в яких для забезпечення збільшення коефіцієнта тепловіддачі витрачають додаткову енергію на привід вентилятора.

Наукові дослідження та експерименти, виконані авторами, показали, що при швидкості руху крапель рідини менше ніж 8 м/с тонкість розпилу у відомих конструкціях форсунок стає недостатньою для отримання потрібного розміру (менше 0,9 мм) крапель рідини. Окрім того, при швидкості руху крапель рідини менше ніж 8 м/с практично зникає ежектуючий ефект, ежекція повітря в факел форсунки стає недостатньою, що погіршує підсумковий охолоджуючий ефект. При швидкості руху рідини більше 9 м/с збільшується кількість дрібних часток в спектрі розпилу, факел крапель досягає краплевідбійника, і збільшується винос води з охолоджуючим повітрям.

Характеристика залежності по висоті шахти відносної швидкості потоку рідини та потоку охолоджуючого повітря наведена на фіг. 3. Середня швидкість руху охолоджуючого повітря визначається як його витрата, поділена на площу поперечного перерізу шахти і для заявлюваної градирні складає величину порядку 3 м/с. Витрату повітря при використанні аерації, т. зн. руху повітря без використання вентилятора, а тільки коштом температурного напору та ежектуючого ефекту уприскуваної рідини, можна прийняти постійною величиною, такою ж як і в баштових градирнях. При уприскуванні рідини в об'єм шахти градирні швидкість потоку рідини перевищує швидкість руху повітря, але потім під дією сили ваги швидкість крапель рідини зменшується і після досягнення верхньої точки шляху змінюється на протилежну і починає збільшуватися до величини вільного падіння краплі в повітрі, що й показано на фіг. 3.

Із аналізу фіг. 3 витікає, що в заявлюваній градирні найбільш оптимально порівняно з відовими використовується можливість інтенсифікації теплообміну шляхом підвищення коефіцієнта тепловіддачі, величина якого залежить від відносної швидкості руху охолоджуючого та охолоджуваного потоків. Найбільша відносна швидкість підтримується в заявлюваному об'єкті при найбільшому температурному перепаді. Використання, наприклад, зрошуваної насадки у відомих вентиляторних градирнях приводить до зменшення швидкості руху рідини і вираш за рахунок збільшення швидкості руху повітря порівняно до винаходу зникає.

Даний спосіб дозволяє також оптимізувати габарит спорудження градирні в поперечному перерізі. Відмітною особливістю заявлюваного способу є також те, що при подачі роздробленої рідини в нижній частині шахти відхилення потоку від вертикалі установлюють завбільшки не більше 30 градусів.

Таке технічне рішення дозволяє також краще використовувати поперечний габарит градирні, що має істотне значення при модернізації діючих градирень з використанням заявлюваного винаходу. Окрім того, це технічне рішення дає додатковий позитивний ефект, який полягає в ежектуванні потоку охолоджуючого повітря за рахунок формування відносної швидкості потоків рідини й охолоджуючого повітря з отриманням додаткового ежектуючого ефекту по центру шахти градирні.

Експерименти, виконані авторами, показали, що з відхиленням потоку крапель рідини від вертикалі більше 30 градусів краплі досягають стінок шахти й осідають на них у вигляді плівки, що зменшує поверхню контакту рідини та повітря, приводить до зниження ефективного відведення тепла.

При використанні вищезгаданих відмітних особливостей заявлюваного винаходу уявляється також можливість ефективно використати для руху в шахті потоку повітря природну аерацію. Найбільші відносні швидкості крапель води та повітря досягаються при цьому в нижній зоні шахти (див. фіг. 3), а у верхній зоні, де установлений краплеуловлювач відносна швидкість невелика, що значно знижує винос води, наприклад, порівняно з вентиляторними градирнями.

Це дозволяє здійснити ефективне відведення тепла й водночас значно знизити порівняно з прототипом винос води з потоком повітря. Окрім того, використання природної аерації не вимагає яких-будь додаткових енергетичних затрат, що знижує експлуатаційні витрати.

Градирня енергетичної установки для здійснення заявлюваного способу окрім елементів, що забезпечують виконання розглянутих вище функцій, які, в основному, можуть бути реалізовані уже відовими засобами, мають додатково свої характерні особливості, забезпечені розподіленням функцій поміж елементами установки.

Відмітною особливістю конструкції є те, що пристрій для роздроблення потоку рідини виконаний у вигляді відцентрово-струминних форсунок, установлених в нижній частині шахти, а насос установлений з напором від 0,12 до 0,15 Мпа перед форсунками.

Конструкція відцентрово-струминних форсунок опрацьована авторами на підставі теоретичних положень. Випробування цих форсунок показали, що вони забезпечують потрібний спектр розмірів крапель рідини (еквівалентний діаметр 0,7-0,9 мм) при висоті факела до 7-9 метрів, що відповідає габаритам використовуваних на більшості енергетичних установок шахт градирень, за умови, що напір рідини перед форсунками складає величину від 0,12 до 0,15 Мпа. Зі зниженням тиску рідини перед форсункою нижче 0,12 Мпа виникає нерівномірність спектра крапель рідини, що утворюється, істотно знижуюча ефективність охолодження. Окрім того, зменшується висота факела розпику, що також не дозволяє додатково ефективно використати об'єм шахти градирні. Зі збільшенням тиску рідини перед форсункою понад 0,15 Мпа в спектрі часток факела рідини збільшується кількість дрібних часток, що приводить, як це описано вище, до збільшення виносу води з охолоджуючим повітрям.

Іншою відмітною особливістю конструкції є те, що у винаході передбачений варіант, при якому форсунки установлені по периферії шахти. Цей варіант дозволяє більш ефективно використати поперечний габарит шахти градирні, що має істотне значення при модернізації діючих градирень відповідно до заявлюваного винаходу. При цьому використовується ще одна характерна особливість конструкції - те, що форсунки установлені з нахилом осі факела форсунок до центра шахти завбільшки не більше 30 градусів. Ця характерна особливість дозволяє забезпечити ежектування повітря за рахунок того, що в центральній зоні шахти відносна швидкість часток рідини та повітря стає вищою, ніж на периферії. У той же час зберігається рівномірність заповнення об'єму шахти крапельками рідини. Експерименти показали, якщо кут нахилу факела форсунок більше 30 градусів на стінках шахти осідає збільшена кількість крапель, утворюється плівка рідини, що зменшує поверхню теплообміну і знижує ефективність охолодження.

Таким чином, наведені характерні особливості винаходу порівняно з відомими технічними рішеннями дозволяють створити дешеву та ефективно працюючу градирню для будь-якої промислової енергетичної або технологічної установки, що відповідно забезпечить його конкурентоспроможність на сучасному ринку.

На фіг. 1 наведена принципова схема градирні енергетичної установки, яка пояснює здійснення заявлюваного способу.

На фіг. 2 показаний варіант установки форсунок по периферії шахти з нахилом до центра.

На фіг. 3 наведена зміна відносної швидкості руху крапель води та охолоджуючого повітря по висоті шахти.

Градирня має шахту 1, в якій установлено пристрій для роздроблення потоку рідини, виконаний у вигляді водорозподільного колектора 2 та форсунок 3, причому напрямом виходу факела роздробленої рідини установлено під кутом уверх. Градирня має також басейн 4 для збирання охолодженої води, насос 5 та трубопроводи, які з'єднують теплообмінне обладнання 6 енергетичної установки з насосом 5 та водорозподільним колектором 2. При цьому пристрій для роздроблення потоку рідини виконано у вигляді відцентрово-струминних форсунок 3, установлених в нижній частині шахти 1. Градирня оснащена насосом 5, що забезпечує напір, який контролюється манометром 7, від 0,12 до 0,15 Мпа перед форсунками. При модернізації діючих установок і підвищеному гідравлічному опорі охолоджуваного обладнання може бути установлений додатковий насос перед форсунками 3 для забезпечення зазначеного напору.

Градирня має систему повітряної аерації, яка включає розміщені в нижній частині шахти 1 вікна 8, краплеуловлювач 9 та дефлектор 10.

Даний спосіб здійснюють наступним чином.

Охолоджуючу воду із басейну 4 з допомогою насоса 5 подають для охолодження теплообмінного обладнання 6. Підігріта вода надходить у водорозподільний колектор 2 і з допомогою відцентрово-струминних форсунок 3 розбризкується в об'єм шахти 1.

При напорі води перед форсунками 3 від 0,12 до 0,15 Мпа утворюється факел водяних крапель з розміром часток рідини від 0,7 до 0,9 мм еквівалентного діаметра. Напрямок факелів установлюють знизу уверх і краплі води, що викидаються із форсунок зі швидкістю від 8 до 9 м/с, рухаються уверх проти сил ваги, заповнюючи об'єм шахти 1.

У випадку, коли поперечний переріз шахти 1 збільшений, форсунки 3 розміщені по периферії шахти 1, як це показано на фіг. 2, і напрямом виходу факелів водяних крапель установлено уверх з нахилом факела форсунок до центра шахти під кутом не більше ніж 30° від вертикалі. При цьому краплі рідини так само заповнюють об'єм шахти 1 і рухаються проти сил ваги.

Досягаючи верхньої зони шахти 1, краплі втрачають свою швидкість, під дією сил ваги падаючи донизу, проходять другий раз через об'єм шахти 1 і збираються в басейні 4.

Охолоджуюче повітря надходить в об'єм шахти 1 із атмосфери через вікна 8 і рухається знизу уверх під дією температурного напору, який утворюється під час і відбирання тепла від рідини, а також під дією сил ежекції капель рідини, які рухаються з підвищеною швидкістю. У верхній зоні шахти 1, де швидкість руху визначається тільки потоком повітря, бо краплі рідини під дією сил ваги початкову швидкість втратили, на краплеуловлювачі відбувається відділення тих крапель рідини, які захоплює потік повітря. Через те що швидкість потоку повітря в заявлюваній градирні менша ніж, наприклад у вентиляторній градирні потоком повітря захоплюються тільки дуже дрібні краплі, які потім коалесціюють на поверхнях краплеуловлювача і під дією сил ваги падають донизу, в басейн 4, проходять при цьому через об'єм шахти 1. Втрати охолоджуваної води з потоком повітря складають при цьому мінімальну величину.

Таким чином, наведені характерні особливості заявлюваного винаходу порівняно з прототипом підвищують конкурентоспроможність заявлюваного технічного рішення, бо воно забезпечує підвищення економічності експлуатації, а також знижує затрати на виготовлення.

Розрахунки та експерименти, виконані авторами, показали, що порівняно з найбільш ефективними відомими вентиляторними градирнями, які забезпечують зниження температури теплих вод на 12-15°C, винахід забезпечує зниження температури теплих вод до 15-20°C при значному зменшенні енергозатрат під час експлуатації та зменшенні капіталовкладень на спорудження градирні.

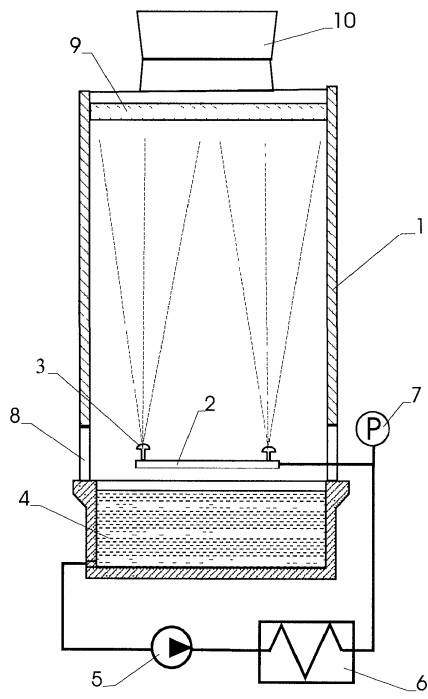


Fig. 1

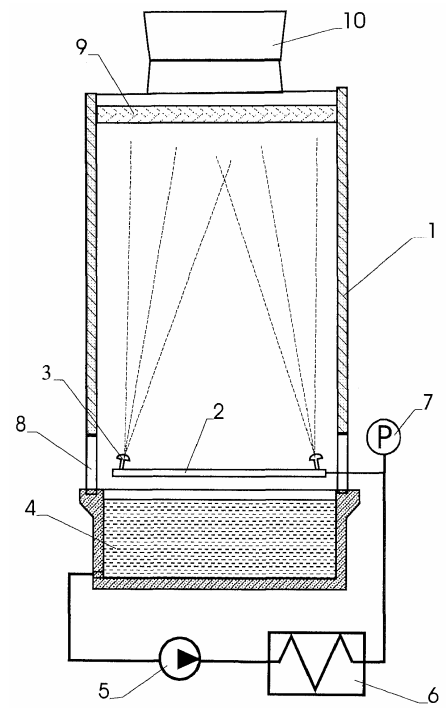


Fig. 2

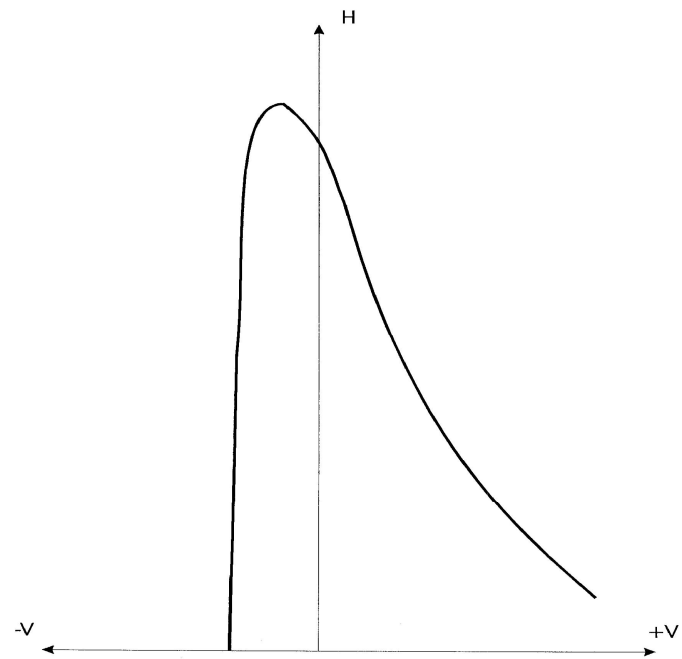


Fig. 3