

Запропонована корисна модель відноситься до галузі теплотехніки і може бути використана, зокрема, для систем періодичного, аварійного і додаткового теплопостачання будівель і споруд, постачання пари різних рідин для технологічних процесів у теплоенергетиці, нафтодобувній, металургійній, хімічній, нафтопереробній та фармацевтичній промисловості.

Відомий "Пристрій для нагрівання рідини" [1], який містить статор, що має порожнину для ротора, кришки, які її закривають, перпендикулярні умовній вісі порожнини статора. В кришках виконані отвори для подачі в порожнину статора рідини на підігрів і відведення нагрітої рідини до споживача. В статорі розміщений ротор, закріплений на привідному валу. На циліндричній поверхні ротора висверлено множину поглиблень. Пристрій має теплообмінники, нагрівними поверхнями яких служать не спряжені поверхні статора і ротора. При цьому теплообмінник, який знімає тепло з ротора виконаний у вигляді отворів (каналів) які просвердлені у роторі паралельно валу, або під кутом до нього. Теплообмінник, що знімає тепло зі статора виконаний як рідинна сорочка з отворами для підводу і відводу рідини, що нагрівається.

Недоліками цього пристрою є його велика металоємність, складність конструкції, неможливість стійкого отримання пари нагрівної рідини. Попередній підігрів рідини зменшує ефективність кавітаційних тепловиділень.

Відомий також "Пристрій для нагрівання рідини" [2], ротор якого складається з валу, що опирається на підшипник, на якому консольне встановлене робоче колесо. Пристрій містить засіб для надання ротору обертального руху. Робоче колесо має форму диска з периферійною кільцевою стінкою, в якій виконано ряд вихідних рівномірно розподілених по колу отворів для протікання рідини. Статор пристрою має коаксіальну робочому колесу стінку, впускний отвір для підводу рідини, який сполучений з порожниною робочого колеса і впускний отвір для відведення рідини, який сполучений із збірною камерою. Пристрій має кільцеву камеру, яка утворена внутрішньою поверхнею коаксіальної стінки статора і зовнішньою поверхнею периферійної кільцевої стінки робочого колеса, сполучену зі збірною камерою статора. В проміжній кільцевій стінці робочого колеса виконано ряд перепускних отворів для проходження рідини, які рівномірно розподілені по колу.

Недоліками цього пристрою є складність конструкції робочого колеса і неможливість отримання пари.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип, є "Пристрій нагрівання рідини" [3], який містить статор з внутрішньою циліндричною порожниною, днище і кришка якого перпендикулярні умовній вісі порожнини статора, встановлений в цій порожнині з зазором і закріплений на валу ротор, що приводиться в обертання. Ротор виконаний у вигляді циліндра. Пристрій містить теплообмінники, які утворені днищем статора і його кришкою, паралельно яким встановлена пластина, або декілька пластин, які утворюють кожух і щільні порожнини пластинчатого теплообмінника.

Недоліком пристрою-прототипу є те, що він складний у конструктивному виконанні, має два теплообмінники, а диск ротора складається з двох елементів, виконаних з різних матеріалів і конструктивно не забезпечує стійке отримання пари рідини. Попередній підігрів рідини зменшує ефективність кавітаційних тепловиділень.

В основу корисної моделі поставлена задача створити парогенератор, який дозволить здійснити стійке випарювання рідини при забезпеченні подачі рідини в зону кавітаційних виділень тепла з пониженням її температури задля інтенсифікації кавітаційного нагріву.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в пристрої, який містить статор з внутрішньою циліндричною порожниною, ротор, що приводиться в обертання, периферійна зовнішня поверхня якого виконана у вигляді циліндра, використовується ротор спеціальної форми. Вказана порожнина не менше ніж через один отвір хоча б в одній з двох бокових дископодібних стінок статора, які її обмежують, сполучена з вхідним отвором для паро-рідинної суміші додатково введенного сепаратора пари. Отвір сепаратора для виходу пари сполучений з магістраллю її споживання (використання), а отвір сепаратора для виходу відокремленої рідини сполучений з циліндровою порожниною статора комунікацією, в яку встановлений рідинний насос.

Комунікація зворотної рідини включає також герметичну нагрівну секцію додаткового теплообмінника. В охолоджуючій секції теплообмінника використаний окремий теплоносій, контур якого не перетинається з контуром випарюваної рідини. Комунікація зворотної рідини сполучена хоча б з одним отвором в бокових стінках статора. Цей отвір (отвори) повністю розташований (і) на більшій відстані від умовної вісі порожнини статора, ніж будь-який отвір у бокових стінках статора, сполучений з вхідним отвором сепаратора для подачі паро-рідинної суміші.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає в забезпеченні ефективної генерації пари гідродинамічним способом, досягненні високої паропродуктивності на одиницю об'єму робочої порожнини статора і додатковому виробництві тепла.

На фіг. 1 приведена схема конструкції запропонованого пристрою.

На фіг. 2 зображений графік залежності корисної ефективності тепловиділень від температури води на вході в гідродинамічний нагрівник (кавітатор).

Запропонований парогенератор містить статор 1 з внутрішньою циліндричною порожниною, в якій з зазором розміщений ротор 2 з периферійною зовнішньою поверхнею циліндричної форми, який консольно за допомогою шпонки 8, закріплений на валу 9. Ротор приводиться до обертання двигуном (внутрішнього згорання, електричним, гідравлічним чи вітровою турбінами та іншими), вал якого з'єднується з валом 9 ротора 2, пружною муфтою. Зовнішня периферійна циліндрична поверхня ротора є найбільш віддаленою від умовної вісі обертання, інші поверхні ротора вибрані такими, які забезпечують його спеціальну форму. Ротор виконаний з периферійним вінцем 5, зовнішня поверхня якого є циліндричною. Вінець звужується по радіусу і переходить в середню дископодібну частину ротора вузького перетину, яка розширюється у ступку, що послугує для посадки ротора на вал 9. Вінець 5 виконується симетричним чи асиметричним відносно дископодібного звуження ротора. На вінці 5 по кільцю виконано множину заглиблень 4 та наскрізні канали 3, які забезпечують сполучення підвінцевої порожнини і робочого зазору (щілини) між ротором 2 і поверхнею статора 14.

В дископодібному звуженні ротора 2 концентричне відносно осі обертання, виконаю, відповідно, перепускні отвори 6 і 7. Вал 9 ротора 2 опирається на підшипник 11 і має ущіпнення 10. Корпус статора 1 виконано з двох частин, які з'єднані між собою по колу болтами, а для герметичності між ними поставлена термостійка прокладка 12. На внутрішній поверхні 14 статора, паралельній вінцю 5, також виконано множину заглиблень 4.

Корпус статора в нижній частині обох половин має силові кронштейни з вузлами кріплення 13, які забезпечують встановлення пристрою на опору або фундамент. Для підводу рідини на випарювання і відведення з циліндричної порожнини статора паро-рідинної суміші на частині корпусу статора 1, яка не містить опорного підшипникового вузла закріплені штуцер підводу рідини 16 (чи декілька концентричне розташованих

штуцерів) і штуцер відводу парорідинної суміші 15 (чи декілька концентричне розташованих штуцерів). При чому, штуцер 15 закріплений на рівні осі обертання, або ближче до вісі обертання. Штуцер 16 виконано повністю віддаленим по радіусу від штуцера 15. Отвори в штуцерах 15,16 не можуть перекривати один одного за величиною радіусу, проведеного з будь якої поверхні вказаних отворів до умовної вісі статора.

За тими ж умовами більшої віддаленості від умовної вісі порожнини статора вхідних штуцерів 16 від вихідних 15 виконуються варіанти конструкції парогенератора, коли штуцери 15 й 16 встановлені на іншій частині корпусу статора 1, або на обох частинах корпусу статора разом. У випадку двостороннього виконання штуцерів на обох частинах корпусу статора, штуцери 16 виконують розташованими на однаковій відстані по радіусу від умовної вісі порожнини статора.

Штуцер 15 приєднаний до отвору в боковій стінці статора, яка обмежує циліндричну порожнину статора в площині, перпендикулярній умовній вісі порожнини статора таким чином, що отвори у штуцері і боковій стінці статора є співвісними. За допомогою штуцера 15 циліндрична порожнина статора поєднана трубопроводом з вхідним (тим, який забезпечує введення в сепаратор паро-рідинної суміші) отвором сепаратора пари 18. Отвір сепаратора, який забезпечує вихід осушеної пари, сполучений з магістраллю споживача пари. Отвір сепаратора 18, який забезпечує вихід рідини з нього, сполучений з нагрівною секцією теплообмінника 19 через відповідний вхідний штуцер (патрубок) для нагрівного потоку вказаного теплообмінника. Охолоджуюча секція теплообмінника 19 є частиною окремого контуру, який не перетинається з контуром випарюваної в парогенераторі рідини.

Штуцер (патрубок) виходу нагрівної секції теплообмінника 19 сполучений з порожниною всмоктування рідинного насосу 20. Нагнітальна порожнина рідинного насосу 20 сполучена з циліндричною порожниною статору 1 через співвісні отвори в штуцері 16 і боковій стінці статора, на якій цей штуцер закріплений.

Сутність використання пристрою полягає в досягненні за рахунок роботи системи приводу сталого обертового руху ротора в середовищі випарюваної рідини. Вказане обертання ротора в рідині забезпечує прогрів її першої порції до стану пароутворення з наступним забезпеченням стабільної у часі генерації пари цієї рідини. Вироблена пара постійно відводиться з пристрою через відповідний трубопровід сепаратора (фіг. 1). Витрата пари, яка використана споживачем, і втрати через нещільності системи компенсуються підживленням пристрою рідиною з накопичувального баку чи трубопроводу. За випадку повернення сконденсованої пари рідини до пристрою, підживлення рідиною здійснюється лише на величину втрат через нещільності системи.

Проохолодження виділеної в сепараторі рідини забезпечує теплообмінник 19, в який подається окремий теплоносіє, що сам при цьому нагрівається. Якщо споживач має відповідну потребу, то вироблене тепло використовується (підтримання необхідної температури технологічного процесу, опалення чи таке інше). В ситуаціях, коли додаткове виробництво тепла не є доцільним, наприклад, опалення влітку, функцію проохолодження виконує атмосферне повітря у теплообміннику спрощеної конструкції. При зменшенні відбору тепла від конденсату, його температура на вході в порожнину статора підвищується, ефективність кавітаційних тепловиділень знижується [4] (фіг. 2). Відповідно, теплове навантаження на теплообмінник падає.

Робота запропонованого пристрою полягає у наступному. Включаємо систему привода і виводимо ротор на постійні оберти. Через штуцер 16 подаємо в порожнину статорно-роторної частини рідину в такому об'ємі щоб рідина не витікала через штуцер 15 відводу пари.

При обертанні ротора 2 рідина відцентровими силами відкидається в зазор (щілину), утворений вінцем 5 ротора 2 і циліндричною стінкою 14 статора 1, де, обертаючись, взаємодіє з заглибленнями 4 на роторі і статорі. Внаслідок гальмування рідини на периферичній поверхні статора 14 та взаємодії з заглибленнями 4 відбувається збурення рідини і виділення кавітаційних пухирців, які сплескуючись забезпечують додаткові тепловиділення до тих виділень тепла, що викликані тертям.

Виконані в тілі вінця 5 наскрізні канали 3 забезпечують постійне витіснення рідини з робочого зазору до лівої і правої частин підвінцевої порожнини через щілини між вінцем 5 ротора 2 і боковими стінками статора 1. Завдяки нахилу каналів 3 до радіуса в площинах, перпендикулярних осі обертання, рідина з підвінцевого простору під дією сил інерції вривається в ту, яка знаходиться в каналах 3 і виштовхує її в робочий зазор (щілину). В свою чергу, рідина з робочого зазору через щілини між торцями вінця 5 і боковими стінками статора 1 витісняється в підвінцеву порожнину.

В такий спосіб всередині обертової рідини встановлюється постійна циркуляція довкола вінця ротора. Напрямки і контури циркуляції показані на фіг. 1 стрілками. Середнє по ширині вінця положення виходів каналів 3 до робочого зазору (щілини) забезпечує збалансованість витрати рідини на циркуляцію по її правій і лівій петлям. У випадку, коли звування тіла ротору виконане посередині його вінця, в ньому виконується два ряди каналів 3 на однаковій відстані від середини вінця. Симетричність розташування рядів вказаних каналів також необхідна для забезпечення рівномірної циркуляції.

Виділене тепло не відводиться назовні статора. Нагрів, завдяки додатковим кавітаційним тепловиділенням, є інтенсивним, тому циркулююча через підвінцеву порожнину і робочий зазор (щілину) рідина швидко прогрівається конструктивні елементи і нагрівається сама. За короткий час, що не перевищує 400 секунд, рідина прогрівається до температур нормального кипіння.

Інтенсивне перемішування і циркуляція рідини довкола вінця 5 забезпечує приблизну рівномірність температур рідини по об'єму заповненої порожнини статора. За рахунок впливу відцентрових сил, всередині шару обертової речовини встановлюється такий розподіл тиску, що його абсолютна величина монотонно і суттєво підвищується від дзеркала розподілу фаз 17 до внутрішньої поверхні статора 14, яка паралельна вінцю 5. Згідно [4] приріст тиску по висоті стовпа обертової рідини визначається формулою:

$$\Delta P(h) = 2\pi^2 \rho N_{\text{ст}}^2 (h^2 - h_{\text{min}}^2), \quad (1)$$

де: ρ - середня густина обертової рідини;

$N_{\text{ст}}$ - частота обертання стовпа рідини;

h - розрахункова відстань від умовної вісі обертання;

h_{min} - відстань від вісі обертання до дзеркала рідини.

Температура кипіння речовини в робочому зазорі (щілині) завжди є вищою, порівняно з температурою кипіння в ближчих до умовної осі обертання шарах. За частот обертання, яка відповідає нормальним режимом роботи привідних електричних двигунів, чи двигунів внутрішнього згорання, приріст тиску складає не менше 0,1-0,4 МПа. З цих причин закипання рідини починається в підвінцевій порожнині.

Щільність пари є на декілька порядків (приблизно в 1000 раз) меншою, порівняно з щільністю рідини, тому після закипання займаний двофазною речовиною об'єм суттєво збільшується, положення дзеркала розподілу фаз 17 у порожнині статора переміщується ближче до умовної вісі обертання. За рахунок різниці густини рідини і пари, в полі відцентрових сил пухирці пари підіймаються від вінця до поверхні розподілу фаз. При цьому їх об'єм збільшується за рахунок зниження тиску в високих шарах. Вибрана форма ротора забезпечує необхідний об'єм вільної від конструктивних елементів порожнини статора для утримання киплячої рідини.

Конструкція ротора й розташування штуцера відводу пари 15 (чи декількох концентричних виконаних штуцерів) на осі обертання, чи близько до неї, попереджують виплеск киплячої рідини в сепаратор. Утворена відцентровими силами всередині обертової суміші рідини й пари циліндрична вирва, яка обмежена поверхнею розподілу фаз (фіг. 1, поз 17), має ширину дещо більшу ніж діаметр отвору в статорі для штуцера 15. Стабільність положення поверхні розподілу фаз 17 й відкидання до периферії вирви відцентровими силами тих крапель рідини, які відірвалися від цієї поверхні, забезпечують ефективну попередню сепарацію пари.

Прорвавшись через циліндричну поверхню розподілу фаз, пара з краплями рідини поєднується з повітрям над рідиною, і підвищує його тиск. Пароповітряна двофазна суміш починає виходити через штуцер 15. Рідина в периферійних шарах продовжує розігріватись, оскільки підвищений тиск не дає їй закипіти, а тепловиділення залишаються інтенсивними (фіг. 2). Температура рідини й конструктивних елементів поблизу робочого зазору перевищує нормальну (за атмосферного тиску) температуру кипіння рідини і підвищується далі. Можливий рівень перегріву тим вище, чим більшим є тиск в робочому зазорі, відносно тиску пари у циліндричній вирві всередині обертової рідини.

Коли витрата випарюваної речовини з парою, що надходить у магістраль споживача, та з відокремленою у сепараторі 18 крапельною рідиною стане помітною візуально, або приведе до пониження тиску в робочому зазорі на 0,02 МПа, необхідно забезпечити підживлення порожнини статора рідиною через штуцер 16. Рідка речовина з накопичувальної ємності чи трубопроводу без попереднього підігріву подається в порожнину статора за допомогою насоса 20 або іншого напірного джерела. Подача рідини підживлення насосом 20 здійснюється разом з крапельною рідиною, відокремленою у сепараторі пари 18, в такій кількості, щоб компенсувати витрати речовини з парою та втрати через ущільнення. Якщо наявне окреме напірне джерело рідини підживлення (наприклад водогін), то насос 20 забезпечує повернення в циліндрову порожнину статору лише тієї рідини, яка була винесена паром. Роздільна подача рідини підживлення і винесеної паром рідини має переваги першопочаткового заповнення порожнини статора без включення насоса 20, стабілізації пароутворення прохолодною рідиною.

Підвищення ефективності тепловиділень при зменшенні температури рідини на вході в кавітаційний гідродинамічний нагрівник дозволяє пристрою виробляти додаткове тепло, прохолодженням рідини з сепаратора 18 іншим теплоносієм. Температура конденсації води чи вуглеводнів перевищує 100 °С, тому охолоджуючий теплоносій сам може бути нагрітим до 50-60 °С і вище в теплообмінниках помірної вартості.

Коли потреба у додатковому виробництві тепла відсутня, зворотний потік винесеної рідини прохолоджується атмосферним повітрям з метою підвищення щільності рідини. За можливості, для прохолодження використовується потік повітря, створений вентилятором системи охолодження привідного двигуна. В обох випадках прохолодження зворотної рідини парогенератор виходить на схожі стаціонарні режими роботи, відмінністю яких є різна корисна ефективність.

Подана із-зовні, холодніша від обертової, рідина за рахунок відцентрових сил швидко відкидається до вінця 5. Насичене пухирцями пари рихле двофазне середовище обертової речовини в шарах низького надлишкового тиску не здатне ефективно перемішуватись з щільною рідиною підживлення чи нагріти її до температур периферійної зони. Змішування рідини підживлення й зворотної рідини з сепаратора з нагрітою рідиною проходить вже біля вінця ротора за рахунок циркуляції. Воно попереджає закипання рідини в зоні підвищеного тиску біля вінця ротору. Таким чином підтримується ефективний кавітаційний нагрів рідини в робочому зазорі.

Найбільш розігріті мікро-об'єми тієї рідини, яка циркулює навколо вінця 5, за рахунок меншої щільності підіймаються в напрямку до кільцевої поверхні розподілу фаз 17. За відповідного тиску, у вказаних об'ємах утворюються парові пухирці. При подальшому руху до поверхні розподілу їх об'єм збільшується через зменшення навколишнього тиску. Ті пухирці, які прорвалися через поверхню розподілу фаз 17, утворюють паро-рідинну суміш, яка надходить в сепаратор 18.

Доступ введеної із-зовні рідини до протилежної штуцера 16 частини під-вінцевої порожнини забезпечують периферійні концентричні отвори 6 в тилі диска ротора. В ситуації несиметричного ротора ці отвори додатково забезпечують утворення однієї з петель циркуляції (фіг. 1). Вихід пари з цієї частини порожнини до штуцера 15 і далі до споживача забезпечують концентричні отвори 7, виконані в диску ротора ближче до осі обертання. Розташування отворів 7 є таким, щоб вони гарантовано знаходилися над поверхнею розподілу фаз 17. Потік паро-рідинної суміші швидко стабілізується за витратою.

Паро-рідинна суміш надходить у сепаратор 18, де від пари відділяється крапельна волога. Осушена пара через магістраль споживача надходить на використання. Якщо вказана пара виконує виключно функції теплоносія і не витрачається, то зворотній трубопровід конденсату приєднується до трубопроводу рідини підживлення (фіг. 1). В такому випадку подача рідини підживлення забезпечує лише компенсацію втрат від нещільності системи.

Рідина, отримана з сепаратора 18, з деяким пониженням температури охолоджується в нагрівній секції теплообмінника 19. Охолодження зворотної рідини здійснює окремий теплоносій, який не змішується з випарюваною рідиною. Запасене в охолоджуючому теплоносієві тепло використовується в нагрівних чи опалювальних елементах контуру цього теплоносія.

Конденсація включень пари у зворотній рідині та пониження її температури, які відбуваються в теплообміннику 19 забезпечують підвищення її щільності. Щільний потік рідини надходить на вхід рідинного насоса, поєднуючись з рідиною підживлення. Зворотна рідина через штуцер (штуцери) 16 нагнітається в циліндричну порожнину статору, забезпечуючи стабільність гідродинамічного режиму з постійним у часі виробництвом необхідної кількості пари.

Джерела інформації:

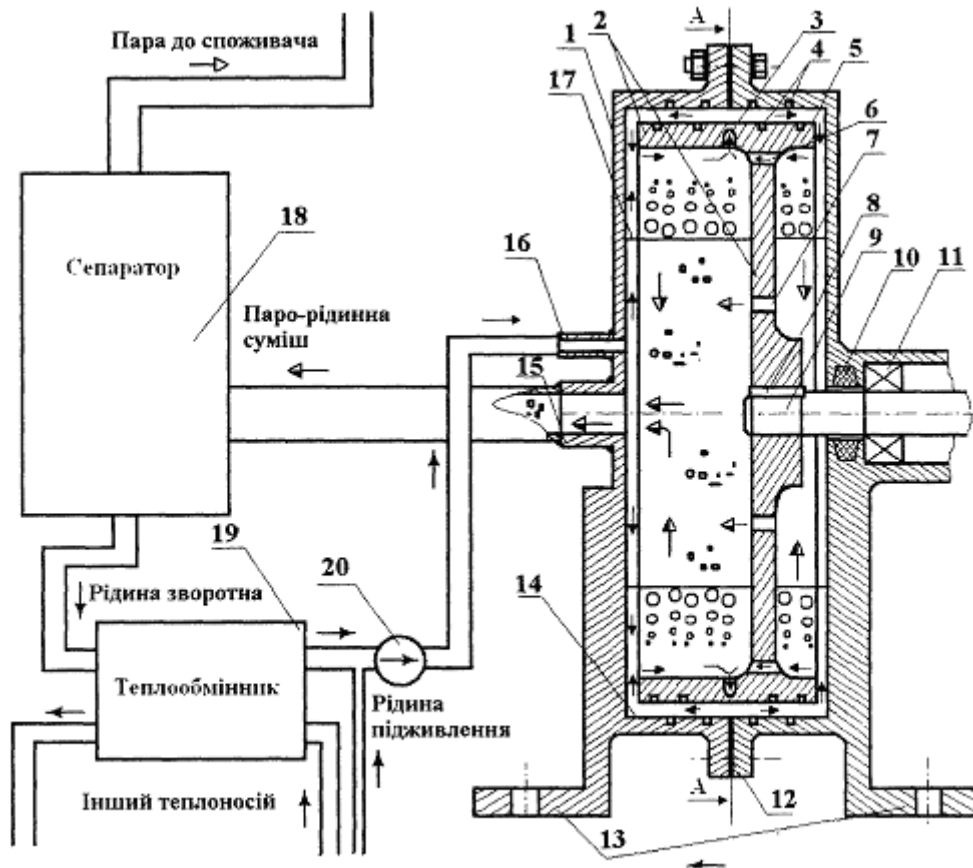
1. Деклараційний патент №50605 Україна, МПК F 24 J 3/00 "Спосіб і пристрій для нагрівання рідини" /Л.П. Фоминський, Ю.С. Потапов, С.Ю. Потапов, Заявка № 2002031761, Заявл. 04.03.2002, Опубл. 15.10.2002, Бюл. №10.

2. Патент №2232630 Російська Федерація, МПК В 01 J 19/10, 19/18, F 24 J 3/0 "Спосіб резонансного возбуждения жидкости и способ и устройство для нагревания жидкости» / Н.И. Селиванов, Заявка № 2002130243/15, Заявл. 06.05.2002, Опубл. 20.07.2004.

3. Деклараційний патент №63609 Україна (МПК7 F 24 J 3/00) "Пристрій для нагрівання рідини"/ Л.П. Фоминський, Заявка № 2003054285, Заявл. 13.05.2003, Опубл. 15.01.2004, Бюл.№1.

4. Посметный Б.М., Горпинко Ю.И. Проблемы повышения конкурентоспособности роторнокавитационных нагревателей жидкости // Вестник ХНАДУ - 2005.- Вып. №30. - С. 136 - 139.

5. Посметный Б.М., Горпинко Ю.И. Активизация дополнительных энерговыделений в вихревых теплогенераторах на основе трубы Ранка // Вестник ХНАДУ - 2005.- Вып. №29. - С. 181 -183.



Фіг. 1

Корисна
ефективність
тепловиділень

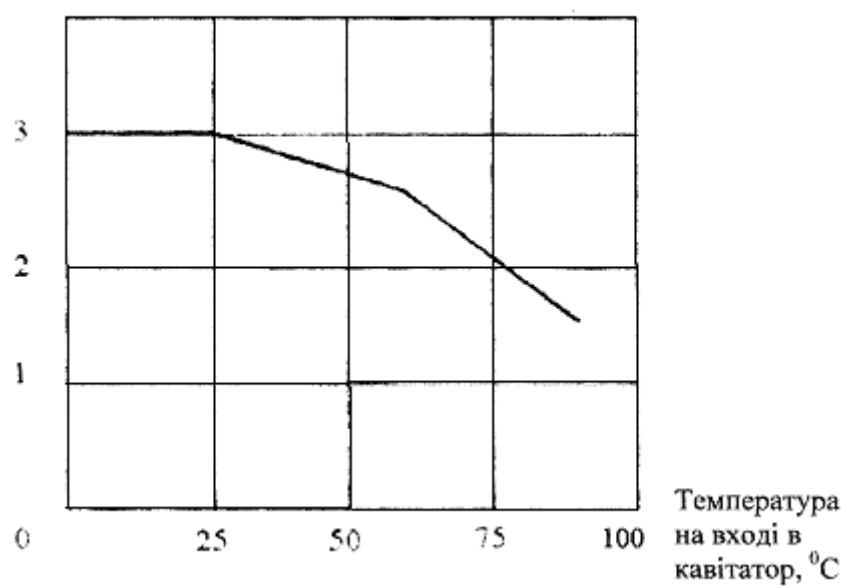


Fig. 2