



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56357 (13) C2
(51) 7 B01D1/22, C02F1/04, F28D7/10МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ТЕПЛООБМІННИК, ЗОКРЕМА, ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОГО НАГРІВУ ГНОЇВКИ

1

2

(21) 2001085726

(22) 24 12 1999

(24) 15 05 2003

(86) PCT/FR99/03284, 24 12 1999

(31) 99/00655

(32) 14 01 1999

(33) FR

(46) 15 05 2003, Бюл. №5, 2003р

(72) Бурдель Жак, FR

(73) CIPVEN, FR

(56) WO A 93/16005 19 08 93

(57) 1 Теплообмінник, призначений для нагрівання холодної текучої і пінистої речовини, що містить тверді частки і гази, наприклад, гноівки, з використанням гарячої рідини, який відрізняється тим, що він містить ряд послідовно встановлених найпростіших проміжних підігрівачів, що містять горизонтальну трубу з теплопровідною щіткою, в якій від одного кінця до іншого циркулює речовина, і концентричний трубчастий кожух, що оточує трубу, в якому примусово від одного кінця до іншого циркулює гаряча рідина в напрямі, протилежному напрямку циркулювання речовини, а всередині труби коаксіально встановлений вал, що обертається, на якому встановлена гелікоїдальна щітка, що утворює шнек, яка при циркулюванні стикається з внутрішньою стінкою труби, забезпечуючи переміщення речовини в трубі

2 Теплообмінник за п 1, який відрізняється тим, що вказані найпростіші проміжні підігрівачі розташовані практично в одній вертикальній площині один над одним, при цьому речовина циркулює зверху вниз, тобто від верхнього найпростішого проміжного підігрівача до наступного нижнього в ряді найпростішого проміжного підігрівача, а циркуляція гарячої рідини здійснюється в протилежному напрямі знизу вгору

3 Теплообмінник за одним з пп 1 або 2, який відрізняється тим, що труба має на своєму вихідному кінці випускний патрубок для відведення газів

4 Теплообмінник за пп 1 - 3, який відрізняється тим, що вал, що обертається, встановлений з можливістю плавучості всередині труби, при цьому його центрування відбувається автоматично всередині труби внаслідок спираання гелікоїдальної щітки на внутрішню стінку труби

5 Теплообмінник за п 4, який відрізняється тим, що вал приводиться у обертання через з'єднувальний вузол, що дозволяє йому відхилитися до певної міри в радіальному напрямі

6 Теплообмінник за одним з пп 1 - 5, який відрізняється тим, що між трубою і кожухом виконана гелікоїдальна прокладка з можливістю направляти і рухати потік гарячої рідини у вигляді гелікоїдального шару

7 Теплообмінник за п 6, який відрізняється тим, що прокладка виконана у вигляді труби, що накачується з синтетичного каучуку

8 Теплообмінник за одним з пп 1 - 7, який відрізняється тим, що в сукупності гелікоїдальні щітки мають крок одного напрямку, при цьому два сусідніх вали обертаються в протилежних напрямках

9 Теплообмінник за одним з пп 1 - 8, який відрізняється тим, що на кожному з валів встановлена ведуча шестірня, при цьому всі вали приводяться у обертання одним двигуном за допомогою ланцюга, заведеного на всі шестерні

10 Теплообмінник за одним з пп 1 - 9, який відрізняється тим, що він виконаний з можливістю попереднього нагріву гноівки для її подальшої дегідратації шляхом випаровування, при цьому гаряча рідина є дистилатом, що отримується при дегідратаційній обробці

Даний винахід стосується теплообмінника, зокрема, теплообмінника, призначеного, для нагрівання холодної, рідкої і пінистої речовини, що містить тверді частки і гази, за допомогою гарячої рідини

Винахід було розроблено в рамках особливого

застосування, а саме для обробки фекалій тварин, а точніше, гноівки свиней, в установці для дегідратації гноівки

Установка такого типу описана, наприклад, в міжнародній патентній заявці WO-93/16005, яка була подана заявником даної заявки і на яку у разі

(13) C2
(11) 56357
(19) UA

необхідності можна посилається. Відома установка містить теплообмінник, до якого по каналу подається суспензія, проходить через нього, і потім гаряча суспензія по другому каналу подається до машини для обробки. В цьому документі теплообмінник показано схематично, це може бути будь-який відомий теплообмінник. Однак, оскільки нагрівання пінистих речовин, таких як гноівка, викликає багато проблем, як пояснено в описі даної заявки, заявлений винахід стосується теплообмінника, який має спеціальні характеристики, особливо, гелікоїдальну щітку, яка утворює винтову різьбу Архімеда, яка не розкрита в WO-93/16005.

В установці, що є об'єктом даної патентної заявки, речовину, що обробляється, наносять у вигляді тонкого однорідного шару на верхню сторону теплообмінної стінки, яку нагрівають до температури, достатньої для швидкого випаровування летючих компонентів, що містяться в речовині, зокрема, води, тверді і сухі залишки по мірі їх формування на цій стороні видаляють шляхом скреблення, теплообмінну стінку нагрівають за допомогою пари, що отримується при випаровуванні, при цьому дану пару піддають механічній компресії, потім приводять в контакт з нижньою стороною стінки, де вона конденсується, потім дистилят видаляють.

Такий спосіб витягання є дуже економічним, оскільки енергію, що вивільняється при конденсації використовують з іншого боку теплообмінної стінки для випаровування.

Для підвищення термічного коефіцієнта корисної дії способу доцільно заздалегідь нагрівати речовину, що обробляється, в цьому випадку гноівку, перед тим, як подавати її у випарник, причому за допомогою гарячого дистиляту, що отримується з випарника.

Даний винахід покликано вирішити цю задачу, при цьому теплообмінник призначений для забезпечення попереднього нагріву гноівки, яку необхідно зневоднити шляхом випаровування, а як рідина, що використовується для попереднього нагріву, використовують дистилят, що отримується при дегідратаційній обробці.

При розробці такого теплообмінника виникли труднощі, пов'язані з особливою природою гноівки.

Гноівка являє собою рідку і напіврідку речовину, що має консистенцію бруду і що містить тверді частки і гази, а також що є дуже пінистою. У цьому випадку мають справу з абсолютно різномірною середою, що містить важкі компоненти, що відрізняються швидким випаданням в осадок, а також легкі компоненти, що є плавучими, дана речовина є джерелом виділення великої кількості газу під час нагрівання, при цьому об'єм газу, що виділяється, в основному вуглекислого газу (CO_2), в 2 - 10 раз перевищує об'єм гноівки, при цьому також відбувається активне утворення піни, і все це відбувається в дуже агресивному середовищі.

Випробування, зроблені спочатку і з застосуванням класичних теплообмінників, не дали задовільних результатів, оскільки вони швидко виходили з ладу, зокрема, через засмічення трубопроводів.

Даний винахід покликано усунути ці труднощі

завдяки теплообміннику вищезазначеного типу, пристосованому для нагрівання напіврідкої пінистої речовини, що містить тверді частки і гази, такої як гноівка, при цьому такий теплообмінник має просту конструкцію з точки зору технічної реалізації, має помірну собівартість, є простим в обслуговуванні і працює в оптимальному режимі для забезпечення надійності, рентабельності і ефективності.

Ці задачі вирішуються за рахунок того, що теплообмінник відповідно до даного винаходу містить ряд найпростіших проміжних підігрівачів, встановлених послідовно, що складаються з горизонтальної труби з теплопровідною стінкою, в якій від одного кінця до іншого циркулює речовина, і з трубчастого концентричного кожуха, що оточує трубу, в якому циркулює гаряча рідина від одного кінця кожуха до іншого і в напрямі, зворотному напрямку рушення речовини, і за рахунок того, що всередині труби коаксіальне встановлено вал, що обертається з гелікоїдальною щіткою, що утворює профіль шнека, дотичною з внутрішньою стінкою труби і що забезпечує рушення в ній речовини.

Крім того, відповідно до певних додаткових відмінних ознак, якими не обмежується винахід

найпростіші проміжні підігрівачі розташовані практично в одній і тій же вертикальній площині один над одним, при цьому речовина рухається зверху вниз, тобто від верхнього найпростішого проміжного підігрівача до нижнього,

найпростішому проміжному підігрівачу ряду, в той час як гаряча рідина рухається в протилежному напрямі знизу вгору,

на вихідному кінці труби виконаний газовипускний патрубок,

вал, що обертається встановлений всередині труби плаваючим, при цьому його центрування відбувається автоматично за рахунок того, що гелікоїдальна щітка спирається на внутрішню стінку труби,

вал приводиться у обертання через з'єднувальний вузол, який дозволяє йому до певної міри відхилитися в радіальному напрямі,

між трубою і кожухом встановлена гелікоїдальна прокладка з можливістю спрямовувати і рухати гарячу рідину у вигляді гелікоїдального потоку,

прокладка виконана у вигляді труби, що накачується, із синтетичного каучуку,

всі гелікоїдальні щітки мають спрямований в одну сторону хід, а сусідні вали обертаються в протилежних напрямках,

на кожному валу встановлена ведуча шестерня, всі вали приводяться в обертання двигуном через ланцюг, заведений на всі шестерні.

У можливому варіанті застосування даного винаходу даний теплообмінник призначений для попереднього нагрівання гноівки, яка згодом дегідратується шляхом випаровування, при цьому гаряча рідина являє собою дистилят, що отримується при дегідратаційній обробці.

Інші відмінні ознаки і переваги даного винаходу будуть зрозумілими при розгляданні опису і прикладених до нього креслень, на яких показаний як необмежувальний приклад переважний варіант виконання.

Фіг 1 - загальне схематичне зображення установки для депдратації гноівки, що містить теплообмінник відповідно до даного винаходу

Фіг 2 - схематичне часткове зображення у вертикальному розрізі теплообмінника відповідно до даного винаходу

Фіг 3 - схематичне зображення в перспективі з розривами найпростішого проміжного підігрівача, що є складовою частиною теплообмінника

Фіг 4 - схематичний вигляд збоку теплообмінника, при цьому дане зображення служить ілюстрацією способу приведення в рушення гелікоідальних щток, що є складовою частиною теплообмінника

Показана на фіг 1 установка для депдратації речовини, що містить воду, такої як гноівка, містить теплообмінник відповідно до даного винаходу, позначеному Е на фігурі і показаний схематично в заштрихованому вигляді

Цей теплообмінник призначений для нагрівання текучої речовини, в цьому випадку гноівки від свиней, що поступає з накопичувача 10, розташованого, наприклад, на свинарській фермі

Трубопроводи, показані на фігурі суцільною лінією і позначені відповідно i_1 і i_2 , являють собою відповідно трубопроводи для подачі холодної гноівки в теплообмінник Е і для відведення нагрітої гноівки з теплообмінника до депдратаційного апарата 18

Трубопроводи подачі гарячого дистилляту від депдратаційного апарату 18 до теплообмінника і відведення охолодженого дистилляту в резервуар 100 показані на фігурі тонкою лінією і позначені відповідно j_1 і j_2

Різні трубопроводи для відведення і подачі газів до очисного апарату 19 показані пунктирною лінією k

На трубопроводі i_1 подачі гноівки посилавальні позиціями 11 і 11' показані насоси, що забезпечують транспортування рідини по трубопроводу, а позиціями 12 і 13 - відповідно бак для подрібнення і бак для перемішування

Ці пристрої призначені для придання однорідності і розрідження гноівки, наскільки це можливо, щоб створити сприятливі умови для її циркуляції всередині теплообмінника

Для поліпшення розрідження в баки 12 і 13 можуть вноситися відповідні добавки

Бак для роздрібнення 12 в переважному варіанті обладнаний сіткою для затримання і відведення деяких твердих речовин, зокрема, щетини, які потім попадають в пристрій 120

Таким чином через трубопровід i_1 в теплообмінник Е подається відносно однорідна гноівка

Для зведення, ця гноівка перебуває при температурі приблизно 10°C

Відповідно до відмітної ознаки теперішнього часу винаходу теплообмінник Е складається з декількох найпростіших проміжних підігрівачів, встановлених послідовно і представляють собою трубопроводи для транспортування гноівки, ці трубопроводи 1 встановлені горизонтально один над іншим практично в одній вертикальній площині. Внаслідок цього теплообмінник Е має загальний вигляд вертикальної стінки

Холодну гноівку подають у верхній найпрості-

ший проміжний підігрівач блоку, вона послідовно перетікає в найпростіші проміжні підігрівачі, розташовані нижче, як в змійовику, і виходить через нижній найпростіший проміжний підігрівач

Отже, в двох сусідніх найпростіших проміжних підігрівачах гноівка циркулює в протилежних напрямках

На фіг 1 позицією 1a показані найпростіші проміжні підігрівачі, в яких гноівка переміщується зліва направо, а позицією 1b - найпростіші проміжні підігрівачі, в яких гноівка переміщується праворуч наліво

Доходячи до випускного кінця найпростішого проміжного підігрівача 1, гноівка під дією власної ваги перетікає у впускний кінець наступного найпростішого проміжного підігрівача

Як буде розглянуто більш детально нижче, при переміщенні в теплообміннику Е гноівка поступово нагрівається від дистилляту, що отримується при обробці випаровуванням і циркулюючого в теплообміннику в напрямі, протилежному переміщенню гноівки, передаючи їй при цьому частину своїх калорій

Нагріта гноівка виходить через основу теплообмінника і подається до депдратаційного апарату 18 по трубопроводу i_2 , на якому встановлені послідовно редукційний пристрій 14, резервуар для видалення газів 15, резервуар для знепінення 16 і перехідний насос 17

Наявність насоса 11' на вході теплообмінника Е і редукційного пристрою 14 на його виході сприяють підйому під тиском гноівки в теплообмінник і скороченню об'єму пухирців, що утворюються і піни, збільшуючи тим самим коефіцієнт теплопередачі

Резервуари 15 і 16 призначені підтримувати гарячу гноівку в збівтаному вигляді протягом багатьох годин, щоб уповільнити утворення піни і сприяти максимальному видаленню газів з гноівки, зокрема, аміачного газу, в переважному варіанті в резервуарі можна вносити добавки для більш швидкого зменшення піни і видалення газів

З резервуарів 15 і 16 гази відводяться по трубопроводах k_3 і відповідно k_4 до пристрою для обробки 19

Депдратаційний апарат 18, який може бути апаратом, описаним, наприклад, у вищезазначеному документі WO-93/16005, забезпечує обробку гарячої гноівки, що поступає по трубопроводу i_2 , і виробляє суху пилоподібну речовину, що поступає в рекуператор 180

Цей пристрій виробляє також гарячий дистиллят(рідина), температура якого досягає, наприклад, 100°C і який подається по трубопроводу j_1 в теплообмінник Е. Нарешті, депдратаційний апарат 18 виділяє шкідливі гази, які відводяться через трубопровід k_5 до очищувача 19

Як вже відзначалося, гарячий дистиллят поступає до основи теплообмінника Е, як буде пояснено нижче, зокрема, з посиланням на фіг 2 і 3, в теплообміннику дистиллят циркулює в напрямі, протилежному рушенню гноівки, він проходить послідовно через ряд найпростіших проміжних нагрівачів 1a і 1b знизу вгору. Охолоджений дистиллят виходить з теплообмінника через трубопровід j_2 до накопичувального резервуара 100

Крім того, потрібно зазначити, що на випускному кінці(у напрямі переміщення гноівки) кожного найпростішого трубопроводу 1a, 1b газу, що утворюються в даному найпростішому проміжному підігрівачі з пухирців, присутніх в гнойовій рідині, вловлюються і відводяться через трубопровід k_1 і, відповідно, k_2 до очищувача 19

Після обробки шкідливих газів і пар, обчищені газу можуть бути випущені в атмосферу через трубопровід 1

Далі з посиланнями на фігури 2 - 4 слідує опис конструкції і роботи теплообмінника Е

Кількість найпростіших проміжних підігрівачів, що утворюють даний теплообмінник, становить, наприклад, шість. На фіг 2 показані тільки два найпростіші проміжних підігрівача, встановлені один над одним

Кожний найпростіший проміжний підігрівач 1 в основному складається з циліндричної труби 2, всередині якої встановлений вал, що обертається 4 і зовні якої концентрично встановлений трубчастий і також циліндричний кожух 3

Кожна з труб 2 містить кінцеві перегородки 20, які входять у відповідні отвори вертикальних пластин 6 шляхом з'єднання в паз

Труби 2 закріплені на пластинах 6 за допомогою відповідних засобів, не показаних на фігури наприклад за допомогою гвинтів або зварювання

Кожна труба 2 містить на одному із своїх кінців, званому вхідним, впускний патрубок 21, а на іншому кінці, званому вихідним, - випускний патрубок 22

Впускні патрубки 21 направлені вгору, а випускні патрубки 22 направлені вниз

Випускний патрубок труби 2a зв'язаний з впускним патрубком наступної, суміжної з нею і розташованої нижче труби 2b

Стрілками F на фіг 2 показаний шлях гноівки по двох послідовних трубах 2a, 2b

По кожухах 3, навколишніх труби 2, в напрямі, зворотному напрямку рушення гноівки, рухається гарячий дистилат

На кожному із своїх двох кінців кожухи містять впускні і випускні патрубки для впускання і випуску дистилату, відповідно позначені 31 і 32 їх розташування протилежне розташуванню патрубків труби 2, при цьому впускні патрубки 31 направлені вниз, а випускні патрубки - вгору, при цьому випускний патрубок 32b кожуха 3b зв'язаний з впускним патрубком 31a наступного, що знаходиться вище за кожух 3a

Гноівка входить в кожух 3 на рівні вихідного кінця труби 2 і виходить на рівні її вхідного кінця

Труби 2 виконані з матеріалу, що має високу теплопровідність, з можливістю ефективно передачі калорій від циркулюючого в кожусі 3 дистилату до циркулюючої в трубі 2 гноівки

Практично, як матеріал для труб 2 і кожухів 3 можна використати нержавіючу сталь, яка досить добре передає тепло і в той же час ефективно протистоять хімічному впливу гноівки, що є дуже агресивним середовищем

На фіг 2 шлях дистилату показаний стрілками G

Вал 4 виконаний у вигляді циліндричної труби, переважно з нержавіючої сталі, з діаметром, трохи

меншим внутрішнього діаметра труби 2, всередині якої він встановлений

На цій трубі гелікоїдально намотана щітка 40, волосся або щетина якої виконані з синтетичного матеріалу, що протистоять впливу гноівки, наприклад, з поліамідних волокон діаметром порядку 0,4мм, розташованих радіально, при цьому сукупність волокон намотана гелікоїдально на трубчастий вал, наприклад, з кроком намотування 155мм

Для зведення, внутрішній діаметр труби 2 становить приблизно 200мм, а зовнішній діаметр трубчастого вала - приблизно 170мм, при цьому радіальний зазор, що займається гелікоїдальною щіткою, становить приблизно 15мм

Також для зведення, труба 2 має довжину, наприклад, 6м

Напрямок намотування щітки 40 на валу визначається, зрозуміло, напрямом його обертання, при цьому вона виконує роль шнека і здатна переміщувати речовину від вхідного кінця до вихідного кінця труби 2, в якій вони розташовані

Кроки всіх щіток мають однаковий напрям, при цьому два сусідніх вали 4a, 4b, як буде розглянуто нижче, приводяться у обертання в протилежному напрямі, показаному стрілками Ra і Rb

Між трубою 2 і трубчастим кожухом 3 встановлено прокладку, що накачується 5, яка також намотана гелікоїдально

Наприклад, мова йде про прокладку з ущільнювальним перетином, виконану з синтетичного каучуку, наприклад, типу "EPDM", і що намотується спочатку навколо труби в спущеному стані, а її накачування здійснюється автоматично під дією атмосферного тиску. Такий тип прокладки добре відомий

Вона тісно притискається до зовнішніх і внутрішніх стінок відповідно труби 2 і кожуха 3

Після установки і накачування ця прокладка обмежує простір у вигляді кільцевого шару, вздовж якого циркулює дистилат в напрямі, протилежному напрямку рушення гноівки в центральній трубі 2

Завдяки такій конструкції досягають ефективного теплообміну між рідиною, що містить тепло(дистилат) і речовиною, що нагрівається(гноівка)

Як показано на правій верхній частині фіг 2, всередині кожного трубчастого вала 4 виконаний ряд дисків 400. За допомогою центрального отвору вони насаджені на осевий стержень 401. Вони служать баластом для компенсації осевого шнекового тиску, що створюється гнойовою рідотою і діючого на вал 4. Окрім цього, вони підвищують жорсткість трубчасті стінки, щоб протистояти зовнішньому тиску гноівки

Кожний вал, що обертається 4 приводиться у обертання за допомогою ведучої шестерні 8, встановленої на кінці осі 41, що продовжує вал 4 на одному з його кінців

Все ведучі шестерні 8a, 8b розташовані по одну сторону від відповідного вала і знаходяться в одній вертикальній площині

Осі 41 встановлені і обертаються у відповідних опорних підшипниках або підшипниках катання 70, встановлених в елементі нерухомої станини 7

Відповідно до важливої відмінної ознаки винаходу кожна вісь 41 містить з'єднувальний вузол 42,

який дозволяє валу 4 радіально відхилитися до деякої міри по відношенню до своєї ведучої шестерні 8

Завдяки такій конструкції центрування геліко-
дальної шітки 40 здійснюється автоматично і не-
залежно всередині труби 2, що забезпечує рівно-
мірну передачу рушення і зменшує знос шітки

Такий тип з'єднання 41, що передає рушення і забезпечує деяку свободу радіального відхилення, добре відомий

Воно містить, наприклад, дві додаткові деталі, що охоплює і що охоплюється, що мають профіль, що перешкоджає обертанню, наприклад, у вигляді зірки, і сполучених один з одним в паз з деяким зазором

Вісь 41 встановлена у відповідній кінцевій перегородці 20 труби 2 за допомогою ущільнювального кільця 200, перешкоджаючого виходу ґноівки назовні на цьому рівні

На фіг 4 показаний спосіб приведення у обертання валів з гелікоідальними щітками за допомогою одного двигуна 9

Він являє собою електричний двигун - редуктор, встановлений у верхній частині станини 7 теплообмінника. Він містить вихідну шестерню 90, на яку заведений привідний ланцюг 91. Остання поспідовно проходить через натяжну шестерню 80, через передавальні шестерні 81, 82, через ряд ведучих шестерень 8, а потім через останню передавальну шестерню 83.

Як показано на фіг 4, ланцюг 91 вільно проходить практично по половині кожної шестерні 8 (тобто по кутовому сектору в 180°) по чергово від однієї шестерні до іншої таким чином, щоб шестерні 8а оберталися в напрямі, протилежному до прямої обертання шестерень 8b

Напрям обертання шестерень на фіг 4 показано стрілками

Завдяки такій конструкції в двох суміжних трубах 2a і 2b гнотівка нагнітається в протилежному напрямі.

На фіг 3 показана циркуляція F гноівки в осьовому напрямі всередині труби 2 під дією обертання R вала 4 з гелікоїдальною щіткою 40, на ній показана також циркуляція G дистипату по периферії труби 2 всередині кожуха 3 в гелікоїдальному кільцевому просторі, обмеженому прокладкою, що накачується 5

У переважному варіанті прокладка 5 може бути намотана в різних напрямках на двох категоріях труб 2а, 2б з урахуванням напрямку циркуляції гною для підвищення ефективності теплообміну

На вихідному кінці кожної труби 2 виконаний патрубок 23, направлений вгору, забезпечуючи відведення газів, що утворюються в цій трубі, як показано стрілками 4

Відведення газів здійснюється через трубопроводи k_1 і k_2 , описаних вище з посиланням на фіг. 1

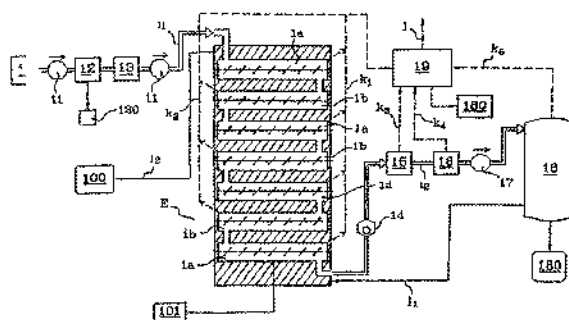
Для зведення, швидкість обертання валів 4 становить приблизно 40 обертів на хвилину

Витрата ґноівки і дистилату в теплообміннику складає відповідно приблизно 1000 і 900л/годину

За допомогою дистилату, температура якого на вході в теплообмінник становить 110°C , можна підвищити температуру ґноївки з 10°C до 100°C приблизно, на виході теплообмінника температура охолодженого дистилату становить приблизно 20°C .

Щітка, що обертається примушує осадок і пухирці рухатися в тому ж напрямі і з тією ж швидкістю, що і гнівка, попадаючи у вихідний кінець кожної труби, осадок під дією сили тягаря падає в сусідню нижню трубу, а пухирці після випаровування віддаляються назовні.

Хоч даний теплообмінник був розроблений для окремого випадку застосування, а саме для обробки гноівки, само собою зрозуміло, що він може застосовуватися і для інших цілей, коли необхідно нагрівати текучу і пінисту речовину, що містить осадок і пухирці, яку важко і навіть неможливо обробляти в традиційних теплообмінниках

 $\Phi_K 1$

