



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **22842** (13) **U**
(51) МПК (2006)
H05B 6/64
B65D 88/74 (2007.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ НАГРІВУ В'ЯЗКИХ ПРОДУКТІВ В ЗАЛІЗНИЧНИХ ЦИСТЕРНАХ

1

(21) u200613858
(22) 26.12.2006
(24) 25.04.2007
(46) 25.04.2007, Бюл. № 5, 2007 р.
(72) Постелов Леонід Андрійович, Драніщев Федір Юрійович
(73) Постелов Леонід Андрійович, Драніщев Федір Юрійович
(57) Пристрій нагріву в'язких продуктів в цистерні, що включає цистерну з металевою стінкою, генератор електромагнітного випромінювання, підклю-

2

чений на антену, яка виконана у вигляді уповільненої спіральної системи, зануреної у в'язкий продукт, який **відрізняється** тим, що спіраль виконана двоходовою, крок спіральної уповільненої системи виконують співмірним з відстанню спіралі до стінки цистерни, а на внутрішню і зовнішню поверхні металевої стінки цистерни щільно розміщують теплоізолятори, на внутрішню поверхню - електропровідний екран, товщина якого співмірна з глибиною скін-шару електропровідного випромінювання в ньому.

Корисна модель належить до галузі транспортування і розвантаження в'язких продуктів, наприклад, до розігріву мазуту в цистернах і подальшого його зливу в інші ємності.

Відомі способи і пристрій нагріву в'язкого продукту в резервуарі [див.:

<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/6051.html> "Система поддержки температуры в хранилище мазута"], заснований на тому, що "нагреваемый мазут... подогревает мазут в хранилище в зоне всасывающего патрубка мазутного насоса". В пристрої, що реалізує цей засіб використовують парову котельню, систему паропроводів і мазутопроводів, насосів для пару і нагрітого до 150-180°C мазуту під високим тиском (до 2 атм.). Передача тепла від поверхні до глибинних шарів мазуту відбувається за рахунок механізму теплопровідності і градієнту температури. Перший у мазуту близький до значень теплоізоляторів. Тому для передачі тепла потрібен високий градієнт температури. Останні обставини приводять до необхідності використання високих температур перегрітого пару (до 230°C), що обумовлює ряд недоліків цього способу, наприклад, виділення екологічно шкідливих парів мазуту. Перегрітий мазут із пристінкових областей цистерни виносить велику збиткову кількість тепла при зливів мазуту, що веде до зниження економічності цього способу. Але головний недолік цього способу - те, що перегрітий пар безпосередньо контактує з зовнішньою металевою оболонкою кожуха, через яку він пропускається. А так, як зов-

нішня оболонка обдувається атмосферним повітрям, то градієнти температур в десятки разів вище градієнтів температур в мазуті. Тому основні втрати тепла пару обумовлені втечею його в атмосферу.

Найбільш близьким по технічній суті до заявленого технічного рішення є спосіб і пристрій нагріву нафтопродуктів з допомогою НВЧ випромінювання [див. «СВЧ (сверхвысокочастотный) нагрев продуктов перевозки» авт. Бербасов В.А. и др. брошюра ГНТП «Салют» предприятие «Элвис» стр.3 и 14 изд-во г.Нижний Новгород, 2000г.]. Пристрій, що реалізує цей спосіб, у своєму складі має: металеву, заповнену в'язким нафтопродуктом, цистерну, генератор ЕМВ (електромагнітного випромінювання), антену, що формує розподіл ЕМВ в цистерні з нафтопродуктом. Нагрів в'язкого нафтопродукту в цьому технічному рішенні заснований на введенні ЕМВ НВЧ діапазону в об'єм в'язкого нафтопродукту (ВП) і нагріву ВП за допомогою перетворення енергії НВЧ в теплову енергію ВП. Головний недолік цього способу і пристрою заключається в тому, що ЕМВ вибраного діапазону НВЧ не дозволяє одночасно нагріти весь об'єм ВП, тому що глибина його скін-шару співрозмірна з довжиною хвилі ЕМП в ньому і суттєво менше розміру цистерни. Тому в відомому способі виконуючи об'ємний нагрів з допомогою ЕМВ в малій частині ВП, що заповнює цистерну, нагрів останнього ВП в віддалених частинах цистерни виконують за рахунок механізму теплопровідності ВП, що

(19) **UA** (11) **22842** (13) **U**

не ефективно в наслідок низької теплопровідності ВП. Поблизу антени електромагнітне поле дуже неоднорідне, тому близькі до антени ділянки ВП збитково перегріваються, а для нагріву віддалених ділянок ВП доводиться тратити збитково довгий час. Перегрті ділянки ВП випаровують шкідливі газоподібні компоненти ВП, що робить гіршою на-вколишню екологію, а також виносить із цистерни частину тепла. В цьому засобі важко нагріти пристінні шари ВП і виконати повний їхній злив. Це обумовлено тим, що стінки цистерни найбільш віддалені від антени, а також тим, що найбільш збиткові витрати тепла поступають в атмосферу від нагрітих стінок цистерни.

В силу обставин цей спосіб і пристрій не є екологічними, такими, що практично не можливо автоматизувати і в цілому збитково затратними.

Заявлений пристрій нагріву в'язких продуктів в цистерні має в своєму складі цистерну з металевою стінкою, генератор електромагнітного випромінювання, підключений на антену яка виконана у вигляді уповільненої спіральної системи, зануреної в в'язкий продукт, шаг спіральної уповільненої системи виконують співрозмірним з відстанню спіралі до стінки цистерни, а на внутрішню і зовнішню поверхні металевої стінки цистерни щільно розміщують теплоізолятори, на внутрішню поверхню - електропровідний екран, товщина якого співрозмірна з глибиною скін-шару електропровідного випромінювання в ньому.

На кресленні зображений заявлений пристрій, до складу якого входить генератор 1 електронного випромінювання (ЕМВ), підключена до нього антена 2, яка повністю занурена у в'язкий продукт (ВП) 3, металеву стінку 4 цистерни, до якої прилягає зовнішній шар 5 теплоізолятора і внутрішній шар 6 теплоізолятора, на якому розміщено теплопровідний екран 7.

Цистерна має стандартну форму у вигляді циліндричної труби R, закритою з обох кінців полусферами того ж радіусу. Зовнішній шар 5 теплоізолятора, наприклад, у вигляді емульсії із піни наносять фарбопультом, а внутрішній шар 6 теплоізолятора виконують, наприклад, у вигляді фольгованого пінополіуретану, що приклеєна до внутрішньої стінки цистерни епоксидним клеєм. Антену 2 виконують, наприклад, в вигляді двохзаходової спіральної уповільненої системи і розташовують еквідистантно з електропровідним екраном 7 на відстані d від нього. Генератор 1 підключають до антени 2 відомим способом.

Працює пристрій наступним чином: в порожній цистерні наносять внутрішній шар 6 теплоізолятора разом з електромагнітним екраном 7, наносять зовнішній шар 5 теплоізолятора, установлюють антену 2, з'єднуючи її з генератором 1 ЕМВ, заповнюють цистерну ВП 3 так, щоб антена 2 була повністю занурена. Вмикають генератор 1 ЕМВ, який збуджує у антені 2 ЕМВ, що розповсюджується у ВП 3 і передає свою енергію у вигляді тепла ВП 3. ВП 3 охолоджується за рахунок обміну тепла через поверхню зовнішнього шару 5 теплоізолятора з оточуючим цистерну повітрям. Електропровідний екран 7 поглинає ЕМВ, яке попало на нього і тим самим не пропускає ЕМВ в сторону внутрішнього шару 6 теплоізоляції. При цьому електро-

провідний екран 7 нагрівається і передає за допомогою механізму теплопровідності частину своєї теплової енергії шару ВП 3, який безпосередньо прилягає до електропровідного екрану 7. В результаті дії цих механізмів в кожний момент часу буде здійснюватись новий розподіл температури ВП 3 в цистерні, який інтегрально характеризується сумарним потоком теплової потужності через поверхню цистерни. Величина цього потоку теплової потужності результуюча залежить від початкового розподілу температури в ВП 3, температурою яка є функцією часу оточуючого цистерну повітря, товщиною теплоізолюючих шарів 5 і 6, відрізком часу цього процесу, потужністю і частотою генератора 1, геометрією та розміщенням антени 2 відносно металевої стінки 4.

Рівномірність розподілу температури ВП 3 по радіусу цистерни забезпечується вибором величини скін-шару δ_1 , ЕМВ в напрямку, перпендикулярному напрямку розповсюдження уповільненої поверхневої хвилі і вибором відстані l між електропровідним екраном 7 і антенною 2.

Для нашого приклада, коли шаг h спіральної уповільненої системи набагато менший за радіус спіральної уповільненої системи, яка має порядок радіусом R цистерни, буде справедливою оцінка:

$$\delta_1 \approx h.$$

Вибір шагу h спіральної уповільненої системи забезпечує ЕМВ напрямку, перпендикулярному напрямку розповсюдження уповільненої поверхневої хвилі, тобто в напрямку перпендикулярному поверхні металевої стінки 4 цистерни. Так як амплітуда уповільненої поверхневої хвилі має максимум на поверхні антени 2, то вибором величини шагу h спіральної уповільненої системи забезпечується підвищення однорідності розподілу температури в напрямку, перпендикулярному розповсюдженню уповільненої поверхневої хвилі вздовж антени 2. Вибором величини l - відстані від електромагнітного екрану 7 до антени 2 регулюють величину температури пристінного шару ВП 3, чим підвищують рівномірність нагріву його в цій області. Забезпеченням рівномірності розподілу температури по об'єму ВП 3 досягають двох технічних результатів: повного зливу ВП 3 з цистерни, чому сприяє нагрітий до необхідної температури ($\geq 25^\circ\text{C}$) пристінковий шар; і підвищення економічності зливу ВП 3, що обумовлено відсутністю надлишкового нагріву окремих об'ємів в середині цистерни. Повний злив зменшує потрібний обсяг праці по очищенню цистерни і утилізації брухту цієї очистки. Це також підвищує економічну ефективність цієї процедури.

Введенням в пристрій шарів 5 і 6 теплоізолятора досягають зменшення витрат потужності P_n яка визначається відношенням:

$$P_n = \alpha \frac{S}{h} \Delta T,$$

де: P_n - потужність втрат в кВт, що віддається цистерною в оточуюче повітря;

α - коефіцієнт теплоємності шарів 5, 6 теплоізолятора;

S (m^2) загальна площа поверхні цистерни;

$$\Delta T = T_E - T_0,$$

де T_E - температура електропровідного екрану

7;

 T_0 - температура оточуючого повітря. h - товщина теплоізоляції. $h=h_1+h_2$ де h_1 , і h_2 - товщина зовнішнього та внутрішнього шарів 5 і 6 теплоізоляції відповідно.Вибірка величини h забезпечують допускну величину потужності P_r генератора 1 в силу співвідношення:

$$P_r \approx \frac{1}{h},$$

Внутрішній шар 6 теплоізолятора забезпечує необхідний нагрів електромагнітного екрану 7 до заданої температури, при якій злив пристінкових шарів ВП 3 буде достатньо повним, що необхідно для забезпечення вищезначених технічних результатів. Цьому також сприяє введення зовнішнього шару 5 теплоізолятора. Це пояснюється таким чином. Із-за постійності потоку потужності через окремі шари (5, 6, 7) температура стінки 4 цистерни буде дорівнювати:

$$T_{\text{ц}} = \frac{1}{2}(T_0 + T_e) + P_r \left(\frac{h_1}{\alpha_1} + \frac{h_2}{\alpha_2} \right),$$

де $T_{\text{ц}}$ - температура стінки 4 цистерни; T_e - температура електропровідного екрану 7; α_1 , α_2 - відповідно коефіцієнти теплоємності шарів 5, 6 теплоізолятора.

Температура $T_{\text{ц}}$ стінки цистерни буде вищою за температуру T_0 оточуючого цистерну повітря в наявності шарів 5, 6 теплоізоляторів, а потік потужності тепла через теплопровідний екран 7 зменшується, і частина температури може бути використана для потрібного нагріву екрану 7.

Оцінку потрібної потужності P_r генератора ЕМВ можна зробити наступним чином. За умови незмінюваності потужності теплового потоку, що проходять через шари: шар в'язкого продукту 3 (наприклад, мазуту), електропровідного екрану 7, внутрішнього та зовнішнього шарів 6 і 5 відповідно теплоізоляторів і металеву стінку 4 цистерни і рівність потужності генератора ЕМВ задовольняє співвідношенню:

$$P_r = \frac{\gamma m S}{L} (T_s - T_e) = \frac{\gamma_1 S}{h_1} (T_e - T_c) = \frac{\gamma_2 S}{h_2} (T_c - T_0),$$

де γ , γ_1 , γ_2 - відповідно теплопровідність мазуту, зовнішнього шару 5 теплоізолятора, внутрішнього шару 6 теплоізолятора;

L - товщина шару мазуту - відстань від внутрішньої поверхні стінки 4 цистерни до поверхні в мазуті, на якій температура досягає значення $+25^\circ\text{C}$;

 T_s - температура мазуту на відстані Z від ек-

рану 7;

 T_c - температура металевої стінки 4 цистерни;Виключаючи з цього співвідношення T_e і T_c одержимо:

$$P_r = \frac{\gamma m S}{L} \left\{ \frac{T_s}{\frac{\gamma_m}{\gamma_1} \cdot \frac{h_1}{L} + 1} + \frac{T_0}{\left(1 + \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \cdot \frac{h_2}{h_1} \right) \left(1 + \frac{\gamma_m}{\gamma_1} \cdot \frac{h_1}{L} \right)} \right\}.$$

При виведенні цієї формули було використано наближення для розподілу $T(Z)$ температури всередині мазуту ($Z > 0$) в вигляді:

$$T_Z = \begin{cases} T_Z + \left(T_s - T_Z \frac{Z}{L} \right), \\ T_Z, \end{cases} \text{ для } Z \geq L$$

для $0 \leq Z \leq L$ передбачувалось, що $L, Z \neq 0$ де Z - відстань від електропровідного екрану 7 до будь-якої точки мазуту.

Якщо врахувати, що $\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = 1$, $\frac{h_2}{h_1} = 5$, $\frac{\gamma_m}{\gamma_1} = 1$;

 $\gamma_m = 0,3 \text{ кВт/м}^2$; $S = 100 \text{ м}^2$, $L = 0,3 \text{ м}$, $T_s = +25^\circ\text{C}$, $T_0 = -25^\circ\text{C}$,тоді отримуємо $P_r' \approx 1 \text{ кВт}$.

В випадку, коли $L = 0$, врахуємо, що $T_0 = 0^\circ\text{C}$, а $T_s = T_e$, тоді отримуємо другу величину потужності

генератора $P_r' \approx 4,7 \text{ кВт}$. Така ситуація відбудеться коли спочатку транспортування цистерни температура оточуючого повітря була -25°C , а в кінцевій точці її прибуття (місце злива мазуту) температура повітря досягає 0°C . При цих умовах потужність

генератора P_r' можна оцінити по середньому значенню двох крайніх оцінок

$$\overline{P_r'} = \frac{1}{2} (P_r' + P_r'') = 2,85 \approx 3 \text{ кВт}.$$

Якщо цистерна транспортувалась весь час при температурі оточуючого повітря -25°C , то усереднена оцінка замість 3 кВт буде мати наступний

вигляд $\overline{P_r''} \approx 4,7 \text{ кВт}$. При цьому температура електропровідного екрану 7 досягне значення $T_e = +25^\circ\text{C}$ тільки в кінці транспортування, маючи в попередні моменти часу проміжні значення температури $T_e(t)$ в діапазоні температур від T_0 до $+25^\circ\text{C}$.

Залежність $T_e(t)$ знаходилась в результаті числового рішення рівняння теплопровідності за умови реального розподілу в об'ємі мазуту 3 ЕМВ, збудженого антеною 2.

