

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 245575 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **438020**

(22) Data zgłoszenia: **2021.05.31**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.12.05 BUP 49/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.09.02 WUP 36/2024**

(51) MKP:

**F28D 20/00** (2006.01)

**F24S 60/20** (2018.01)

**F24F 12/00** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:  
**INSTYTUT TECHNOLOGII PALIW I ENERGII,  
Zabrze, PL  
PGE POLSKA GRUPA ENERGETYCZNA  
SPÓŁKA AKCYJNA, Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:  
**TOMASZ BILLIG, Zabrze, PL  
JANUSZ LASEK, Katowice, PL  
JAROSŁAW ZUWAŁA, Gliwice, PL  
RAFAŁ FRYZA, Bytom, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**rzec. pat. Łukasz Korga, Katowice, PL**

(54) Tytuł:

**Magazyn ciepła o zmiennej pojemności**

**PL 245575 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest magazyn ciepła o zmiennej pojemności.

Magazynowanie energii jest bardzo istotnym zagadnieniem z punktu widzenia rosnącego zapotrzebowania na energię, rosnącego udziału odnawialnych źródeł energii w miksie energetycznym jak i występowania niestabilności konwersji energii. Energia pozyskana ze słońca na potrzeby ogrzewania domów jednorodzinnych nie jest w pełni efektywnie wykorzystywana ze względu na mniejsze zapotrzebowanie na ciepło w okresie letnim przy jednoczesnym maksimum natężenia słonecznego. Sezonowe magazynowanie energii stanowi pewne rozwiązanie tego zagadnienia, które pozwala w pełni wykorzystać potencjał odnawialnych źródeł energii.

Z opisu polskiego patentu PL 233606 znany jest układ do sezonowego magazynowania ciepła zawierający źródło ciepła w postaci kolektorów słonecznych połączonych z przepływowym wymiennikiem ciepła ciecz-powietrze, charakteryzuje się tym, że w układzie zamkniętym połączone są wymiennik ciepła ciecz-powietrze z termochemicznym magazynem ciepła oraz rekuperatorem do ogrzewania instalacji docelowej i poprzez rekuperator połączony jest z obiegiem gruntowego wymiennika ciepła, który za pomocą pompy połączony jest ze zbiornikiem magazynowym cieczy.

Z kolejnego opisu patentowego PL 219778 znane jest urządzenie mające postać usytuowanego w wykopie zbiornika, a na dnie tego zbiornika, ma ułożone perforowane cyrkulacyjne przewody, przez które tłoczone jest ogrzane powietrze lub inny gaz. Na przewodach umieszczone jest porowate złożo zawierające materiał o właściwościach akumulacyjnych energii cieplnej i stanowiące magazyn ciepła, natomiast w warstwie złoża usytuowane są szczelne cyrkulacyjne przewody wymiennika ciepła wypełnione cieczą grzewczą. Nad przewodami wymiennika ciepła usytuowane są końcówki perforowanych, odsysających przewodów, zaopatrzone w wentylatory odsysające powietrze lub inny gaz, schłodzone po przejściu przez magazyn ciepła, przy czym nad przewodami znajduje się paroizolacja oraz warstwa izolacji termicznej, na której usytuowana jest konstrukcja absorbera. Wyloty odsysających przewodów są wyprowadzone nad powierzchnię absorbera, przy czym nad absorberem, na konstrukcji nośnej, usytuowana jest przezroczysta przegroda, korzystnie szklana, która stanowi pokrycie urządzenia i przegroda ta jest usytuowana nieco nad poziomem gruntu. Perforowane cyrkulacyjne przewody umieszczone pod złożem materiału akumulacyjnego są połączone szczelnymi tłoczącymi przewodami z wewnętrzną przestrzenią urządzenia, zawartą pomiędzy absorberem i przezroczystym pokryciem, a ich wloty korzystnie są usytuowane wzdłuż północnej ściany urządzenia i są zaopatrzone w wentylatory tłoczące, natomiast wspomniane perforowane odsysające przewody są połączone szczelnymi przewodami z wewnętrzną przestrzenią urządzenia, a ich wyloty są usytuowane po przeciwnej stronie, w stosunku do wlotów przewodów tłoczących.

W przypadku znanych magazynów ciepła ze stanu techniki utrudnione jest przechowywanie energii na sposób ciepła sezonowo w postaci modułowej, ponieważ sam nośnik akumulujący ciepło z czasem podlega degradacji. W urządzeniach o konstrukcji jednoczęściowej niezwykle trudna jest ocena zużycia całego złoża oraz wymiana części złoża zużytego termodynamicznie. Proces termodynamiczny przebiega w czole reakcji, czyli tylko w części złoża, zużycie materiału w złożu nie następuje równomiernie np. przy wlotach kanałów na pewno zużycie materiału złoża będzie większe niż przy ujściu czynnika termodynamicznego, natomiast wymianie podlega całe złożo.

Problematykami technicznymi rozwiązywanymi przez wynalazek są niezadowalająca sprawność magazynu ciepła, trudności w sterowaniu pojemnością cieplną magazynu, utrata właściwości (zdolności akumulacyjnych) złoża na skutek jego degradacji i brak możliwości wymiany części zdegradowanego złoża.

W świetle opisanego stanu techniki celem niniejszego wynalazku jest przewyższenie wskazanych niedogodności i dostarczenie magazynu ciepła o konstrukcji modułowej, z możliwością sterowania pojemnością cieplną, w której poszczególne moduły magazynu są łatwo wymienne, wraz ze zużyciem materiału reagującego użytego do magazynowania ciepła oraz dzięki budowie piętrowej ogrzewanie wzajemne poszczególnych warstw magazynu.

Magazyn ciepła o konstrukcji modułowej zawierający zasilane z co najmniej jednego źródła energii oraz odbiór do co najmniej jednego odbiornika energii, w którym nośnikiem energii jest czynnik termodynamiczny, którego strumień przepływa przez złożo charakteryzuje się tym, że zawiera złożo z materiałem reagującym termochemicznie oraz kanały czynnika termodynamicznego, przez który płynie czynnik termodynamiczny, przy czym złożo jest podzielone na przynajmniej dwie warstwy złoża, przedzielone strefami buforowymi,

przy czym kanały czynnika termodynamicznego są wyposażone w zawory, które sterują strumieniem czynnika termodynamicznego do warstw złoża,  
przy czym złożo reaguje termochemicznie z czynnikiem termodynamicznym lub substancją przez ten czynnik przenoszoną,  
przy czym złożo lub warstwa złoża funkcjonuje w fazie ładowania lub fazy rozładowania.

Korzystnie, materiałem złoża reagującym termochemicznie jest materiał hydratyzujący oraz dehydratyzujący.

Korzystnie, materiałem reagującym złoża jest siarczan magnezu.

Korzystnie, czynnikiem termodynamicznym jest powietrze.

Korzystnie, warstwy złoża oraz strefy buforowe są ułożone na przemian poziomo w układzie piętrowym.

Korzystnie, strefą buforową jest pusta przestrzeń.

Korzystnie, w strefie buforowej zamontowane są mierniki parametrów termodynamicznych czynnika (tj. czujnik temperatury i/lub wilgotności).

Korzystnie, warstwy złoża są wymienne niezależnie od siebie oraz umieszczone w pojemniku zawierającym złożo przepuszczające czynnik termodynamiczny.

Korzystnie, magazyn ciepła wyposażony jest w sterownik elektroniczny do regulacji zaworów.

Alternatywnie magazyn ciepła przystosowany jest do łączenia w baterie zawierające co najmniej dwa magazyny ciepła.

Korzystnie, gdy obieg czynnika termodynamicznego jest wymuszany przez dwa wentylatory.

Dla lepszego zrozumienia wynalazku, został on zilustrowany w przykładach wykonania oraz na załączonych figurach, na których:

**Fig. 1** – przedstawia schemat magazynu ciepła (11) dla przykładu wykonania z trzema warstwami złoża (5) oraz przyłączami,

**Fig. 2A** – przedstawia schemat fazy ładowania/rozładowania dla warstwy I,

**Fig. 2B** – przedstawia schemat fazy ładowania/rozładowania dla warstwy II,

**Fig. 2C** – przedstawia schemat fazy ładowania/rozładowania dla warstwy III,

**Fig. 3A** – przedstawia układ złożony z magazynu ciepła (11), odbiornika (9) oraz źródła energii (8) zintegrowany z instalacją wentylacji mechanicznej z rekuperacją (10) pracujący w fazie ładowania,

**Fig. 3B** – przedstawia układ złożony z magazynu ciepła (11), odbiornika (9) oraz źródła energii (8) zintegrowany z instalacją wentylacji mechanicznej z rekuperacją (10) pracujący w fazie rozładowania.

Poniższy przykład ilustruje wynalazek, nie ograniczając go w żaden sposób.

#### **Przykład 1. Magazyn ciepła dla domu jednorodzinnego**

Przedmiot wynalazku został przedstawiony na **Fig. 3A/B** jako element systemu grzewczego z odbiornikiem energii **9** w postaci domu jednorodzinnego oraz źródłem energii **8** w postaci kolektora słonecznego. Magazyn ciepła **11** przedstawiono na **Fig. 1**, w którym wykorzystano materiał reagujący w postaci siarczanu magnezu ( $MgSO_4$ ) w trzech warstwach złoża (modułach) **5** ułożonych piętrowo przedzielonych pustymi przestrzeniami jako strefy buforowe **4**. Opcjonalnie, dla szczelnego oddzielenia od siebie poszczególnych warstw złoża **5**, strefy buforowe **4** mogą być dodatkowo wyposażone w zawory żaluzjowe pozwalające na kierowanie przepływu czynnika bezpośrednio przez większą liczbę warstw złoża **5** bez konieczności kierowania go przez zawory albo być oddzielone przegrodami stałymi. Siarczan magnezu występuje w układzie bezwodnym bądź też w postaci, jedno-, dwu-, trzy-, cztero-, pięcio-, sześć- i siedmiowodnym  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , zwany heptahydratem, przy czym heptahydrat jest trwały w temperaturze pokojowej.

Magazyn ciepła **11**, w którym poszczególne warstwy złoża **5** połączone są za pomocą kanałów czynnika termodynamicznego **2** z zestawem zaworów **1** regulujących przepływ czynnika termodynamicznego, z regulatorem powietrza **12** (do regulacji wilgotności powietrza), który to układ jest przedstawiony na **Fig. 1** jest zintegrowany z:

- instalacją kolektorów słonecznych **8**, w której czynnikiem obiegowym jest najczęściej glikol, poprzez wymiennik ciepła,
- instalacją wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła **10**, w którym czynnikiem obiegowym jest powietrze wentylacyjne,

w każdym z tych układów wymusza się obieg za pomocą pomp i/lub wentylatorów nie ujętych na rysunkach.

Magazyn ciepła **11** funkcjonuje w dwóch fazach:

- fazie ładowania, w której następuje proces dehydratacji złoża, czyli akumulacji ciepła, stan ten jest przedstawiony na **Fig. 3A**,
- fazie rozładowania, w której następuje proces hydratacji złoża, czyli odzysku ciepła, stan ten jest przedstawiony na **Fig. 3B**.

Sterowanie kierunkiem przepływu powietrza odbywa się poprzez układ zaworów, przy czym ciepła woda użytkowa w okresach letnich jest ogrzewana bezpośrednio z układu solarnego jako odrębny układ nie pokazany na schemacie.

#### **Faza ładowania (akumulacja ciepła)**

Magazyn ciepła **11** jest poddany fazie ładowania poprzez przejście strumienia czynnika termodynamicznego **7** w postaci gorącego powietrza podgrzanego nadmiarowym ciepłem z kolektorów słonecznych **8**, kanałem wejściowym **6**, do aktywnych warstw złoża **5** na skutek czego następuje odwadnianie siarczanu magnezu w poszczególnych warstwach. Reakcja zachodzi w pewnej objętości złoża zwanej czołem reakcji.

Ładowanie ciepła w magazynie ciepła **11** odbywa się w poszczególnych warstwach złoża **5**, których stan naładowania rejestruje się za pomocą mierników parametrów termodynamicznych umieszczonych w poszczególnych strefach buforowych.

Warstwy **W<sub>I</sub>**, **W<sub>II</sub>**, **W<sub>III</sub>** ładuje się licząc od dołu ku górze od warstwy I przez warstwę II do warstwy III, a sterowanie odbywa się poprzez regulacje zaworów **1** osobnymi strumieniami czynnika termodynamicznego **S<sub>1</sub>**, **S<sub>2</sub>**, **S<sub>3</sub>**. Aktywność poszczególnych warstw złoża **5**, poprzez zdolność przyjęcia energii, są odczytywane za pomocą mierników termodynamicznych, a czynnik termodynamiczny jest kierowany do kolejnej warstwy za pomocą zaworów **1**. Wilgotność czynnika termodynamicznego jest regulowana za pomocą regulatora czynnika termodynamicznego **12**.

Obieg czynnika termodynamicznego dla poszczególnych warstw w fazie ładowania:

- warstwa I jest ładowana, gdy zawory **A**, **C**, **D** są otwarte, natomiast zawory **B**, **E**, **F** są zamknięte, stan ten jest przedstawiony na **Fig. 2A**,
- warstwa II jest ładowana, gdy zawory **B**, **C**, **E** są otwarte, natomiast zawory **A**, **D**, **F** są zamknięte, stan ten jest przedstawiony na **Fig. 2B**,
- warstwa III jest ładowana, gdy zawory **B**, **D**, **E**, **F** są otwarte, natomiast zawory **A**, **C** są zamknięte, stan ten jest przedstawiony na **Fig. 2C**.

#### **Faza rozładowania (odbiór ciepła)**

W fazie rozładowania ciepła (odbiór ciepła) następuje proces odwrotny, czyli uwadniania siarczanu magnezu, przez co generowane jest ciepło w wyniku reakcji termochemicznych. Podobnie jak w fazie ładowania, czynnik termodynamiczny **7**, czyli w tym przypadku powietrze o określonej wilgotności, regulowanej za pomocą regulatora czynnika termodynamicznego **12**, reaguje ze złożem poprzez uwadnianie siarczanu magnezu. Podgrzane powietrze na wylocie **3** z magazynu ciepła **11** trafia na wymiennik rekuperacyjny systemu wentylacji mechanicznej **10**, gdzie oddaje ciepło świeżej porcji powietrza kierowanej do pomieszczenia. Tym samym zapewniona jest zarówno wymiana powietrza w budynku oraz ogrzewanie.

Obieg czynnika termodynamicznego dla poszczególnych warstw w fazie rozładowania (odbioru ciepła) przebiega w ten sam sposób, jak dla fazy ładowania, a mianowicie:

- warstwa I jest rozładowywana, gdy zawory **A**, **C**, **D** są otwarte, natomiast zawory **B**, **E**, **F** są zamknięte, stan ten jest przedstawiony na **Fig. 2A**,
- warstwa II jest rozładowywana, gdy zawory **B**, **C**, **E** są otwarte, natomiast zawory **A**, **D**, **F** są zamknięte, stan ten jest przedstawiony na **Fig. 2B**,
- warstwa III jest rozładowywana, gdy zawory **B**, **D**, **E**, **F** są otwarte, natomiast zawory **A**, **C** są zamknięte, stan ten jest przedstawiony na **Fig. 2C**.

Fazy ładowania oraz rozładowania następują zamiennie w zależności od zapotrzebowania na ciepło. Układ wyposażony jest w sterownik elektroniczny sterujący zaworami **1** oraz zaworami integrującymi instalacje magazynu ciepła **11** z instalacją wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła **10** oraz instalacją kolektorów słonecznych **8**, które są zaworami elektromagnetycznymi. Cały układ jest przekazywany zdalnie do systemu zarządzającego domem w systemie inteligentny dom, który jest zarządzany zdalnie poprzez aplikację mobilną. W każdej chwili dostępny jest raport oceniający sprawność układu

oraz poszczególnych warstw złoża **5**, informujący o potrzebie ewentualnej wymiany konkretnej warstwy złoża **5**.

Magazyn ciepła **11** może stanowić wydzielony element zagłębiony w ziemię z kanałem dostępowym do celów serwisowych (m.in. wymiana złoża, kontrola mierników), bądź stanowić element instalacji umieszczony wewnątrz budynku (np. w kotłowni, piwnicy).

Wynalazek ma zastosowanie jako magazyn ciepła w budownictwie

#### Lista elementów:

1. zawory,
  2. kanał czynnika termodynamicznego,
  3. kanał wyjściowy,
  4. strefy buforowe,
  5. warstwy złoża,
  6. kanał wejściowy,
  7. strumień czynnika termodynamicznego,
  8. źródło energii,
  9. odbiornik energii,
  10. instalacja wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła,
  11. magazyn ciepła,
  12. regulator czynnika termodynamicznego,
- W<sub>I</sub>, W<sub>II</sub>, W<sub>III</sub>** – numer warstwy złoża,  
**A, B, C, D, E, F** – oznaczenia zaworów,  
**S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>** – strumienie czynnika termodynamicznego przechodzące przez jedną warstwę.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Magazyn ciepła o konstrukcji modułowej zawierający zasilanie z co najmniej jednego źródła energii oraz odbiór do co najmniej jednego odbiornika energii, w którym nośnikiem energii jest czynnik termodynamiczny, którego strumień przepływa przez złożo, **znamienny tym**, że zawiera złożo z materiałem reagującym termochemicznie oraz kanały czynnika termodynamicznego (2), przez który płynie czynnik termodynamiczny (7), przy czym złożo jest podzielone na przynajmniej dwie warstwy złoża (5), przedzielone strefami buforowymi (4), przy czym kanały czynnika termodynamicznego (2) są wyposażone w zawory (1), które sterują strumieniem czynnika termodynamicznego (7) do warstw złoża (5), przy czym złożo reaguje termochemicznie z czynnikiem termodynamicznym lub substancją przez ten czynnik przenoszoną, przy czym złożo lub warstwa złoża (5) funkcjonuje w fazie ładowania lub fazy rozładowania.
2. Magazyn ciepła według zastrz. 1, **znamienny tym**, że materiałem złoża, reagującym termochemicznie jest materiał o właściwościach hydratyzujących oraz dehydratyzujących.
3. Magazyn ciepła według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że materiałem reagującym złoża jest siarczan magnezu.
4. Magazyn ciepła według dowolnego zastrzeżenia od 1 do 3, **znamienny tym**, że czynnikiem termodynamicznym jest powietrze.
5. Magazyn ciepła według zastrz. 3, **znamienny tym**, że warstwy złoża (5) oraz strefy buforowe (4) są ułożone na przemian poziomo w układzie piętrowym.
6. Magazyn ciepła według dowolnego z zastrzeżeń od 1 do 5, **znamienny tym**, że w strefach buforowych (4) zamontowane są mierniki parametrów termodynamicznych.
7. Magazyn ciepła według dowolnego z zastrzeżeń od 1 do 6, **znamienny tym**, że strefą buforową (4) jest pusta przestrzeń.
8. Magazyn ciepła według dowolnego z zastrzeżeń od 1 do 7, **znamienny tym**, że warstwy złoża (5) są wymienne niezależnie od siebie oraz umieszczone w pojemniku zawierającym złożo przepuszczające czynnik termodynamiczny.
9. Magazyn ciepła według dowolnego z zastrzeżeń od 1 do 8, **znamienny tym**, że magazyn ciepła (11) wyposażony jest w sterownik elektroniczny do regulacji pracy zaworów (1).

10. Magazyn ciepła według zastrzeż. 1–9, **znamienny tym**, że magazyn ciepła (11) przystosowany jest do łączenia w baterie zawierające co najmniej dwa magazyny ciepła.
11. Magazyn ciepła według dowolnego z zastrzeżeń od 1 do 10, **znamienny tym**, że obieg czynnika termodynamicznego jest wymuszany przez dwa wentylatory.

Rysunki

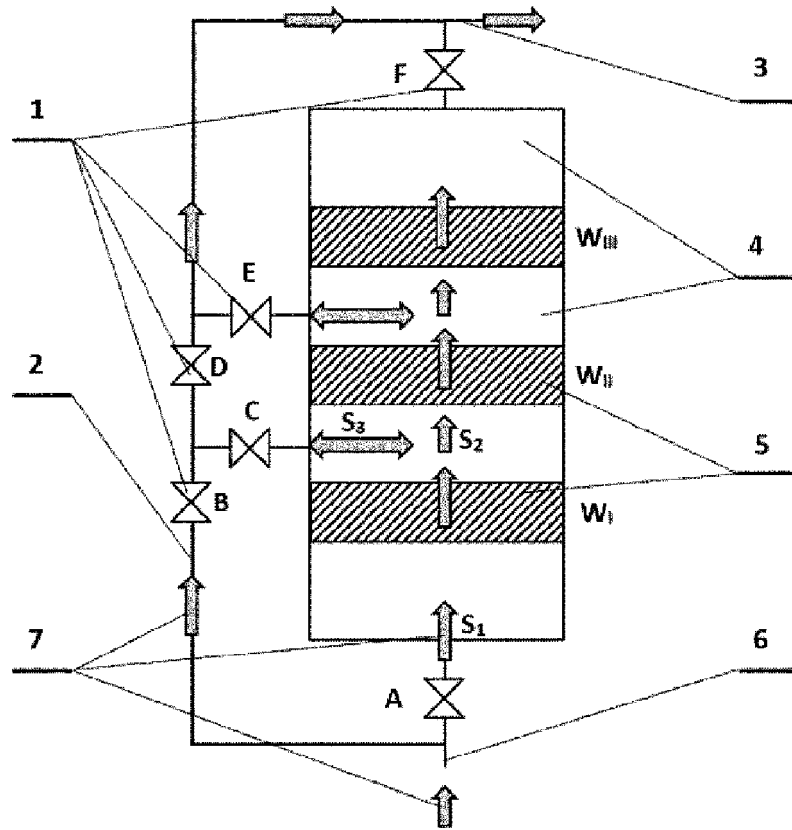


Fig. 1

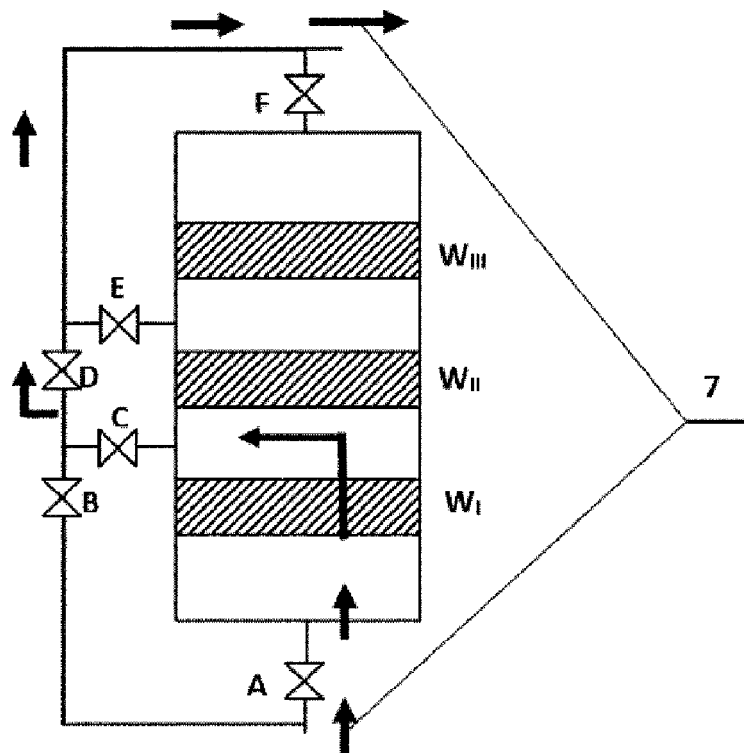


Fig. 2 A

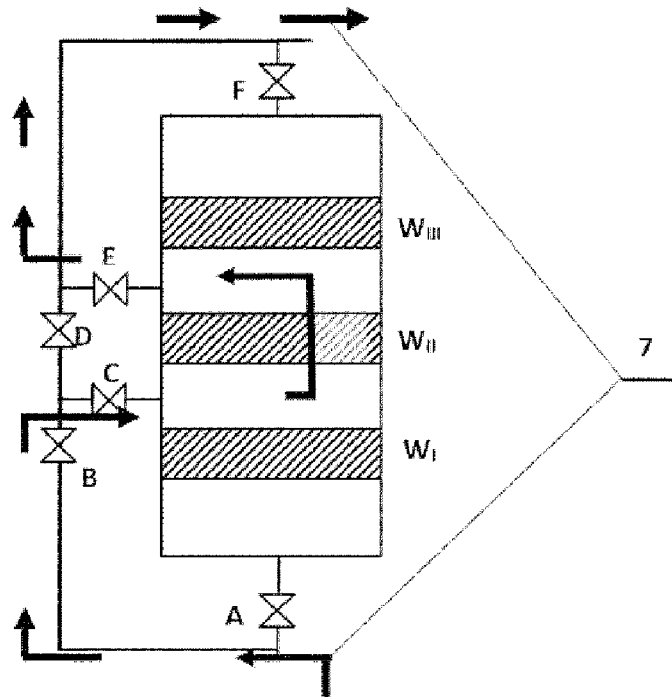


Fig. 2 B

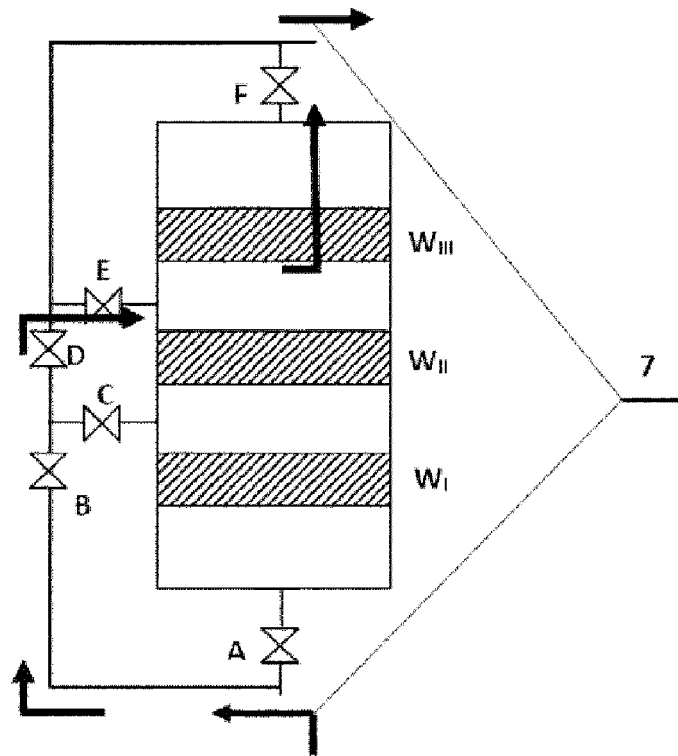


Fig. 2 C

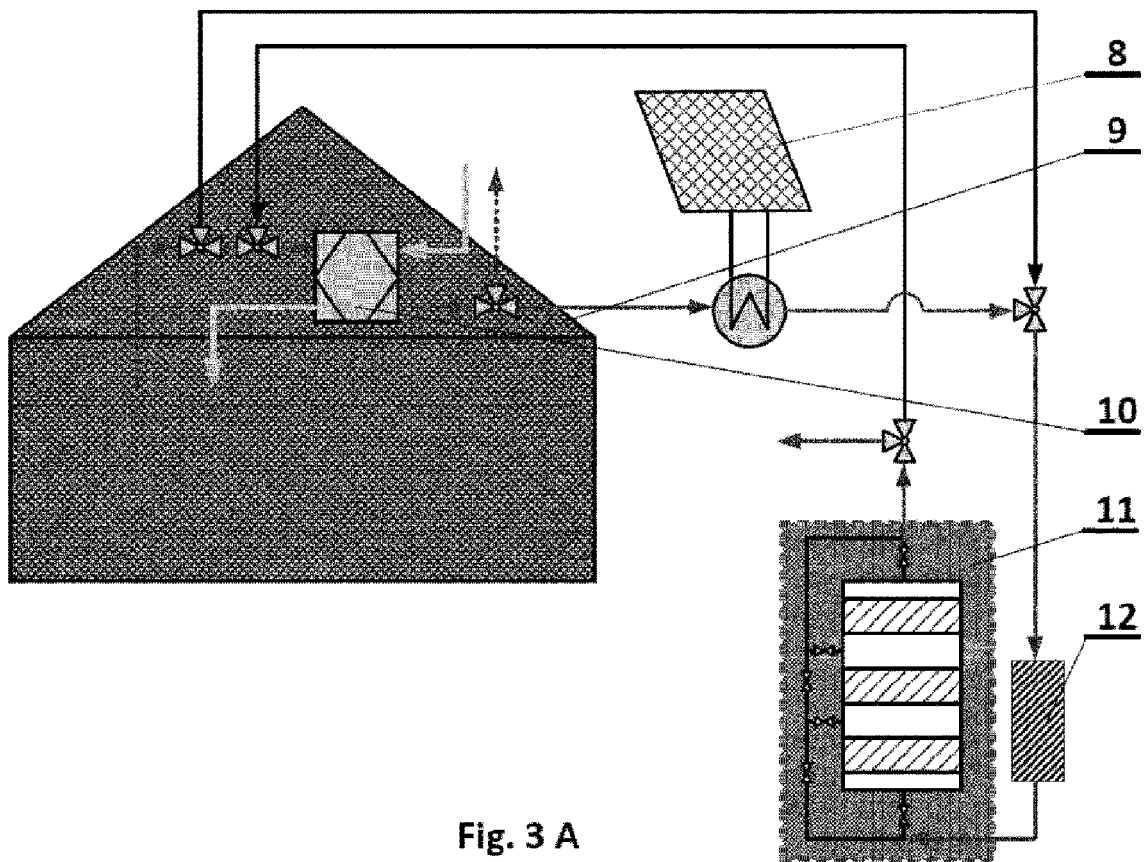


Fig. 3 A

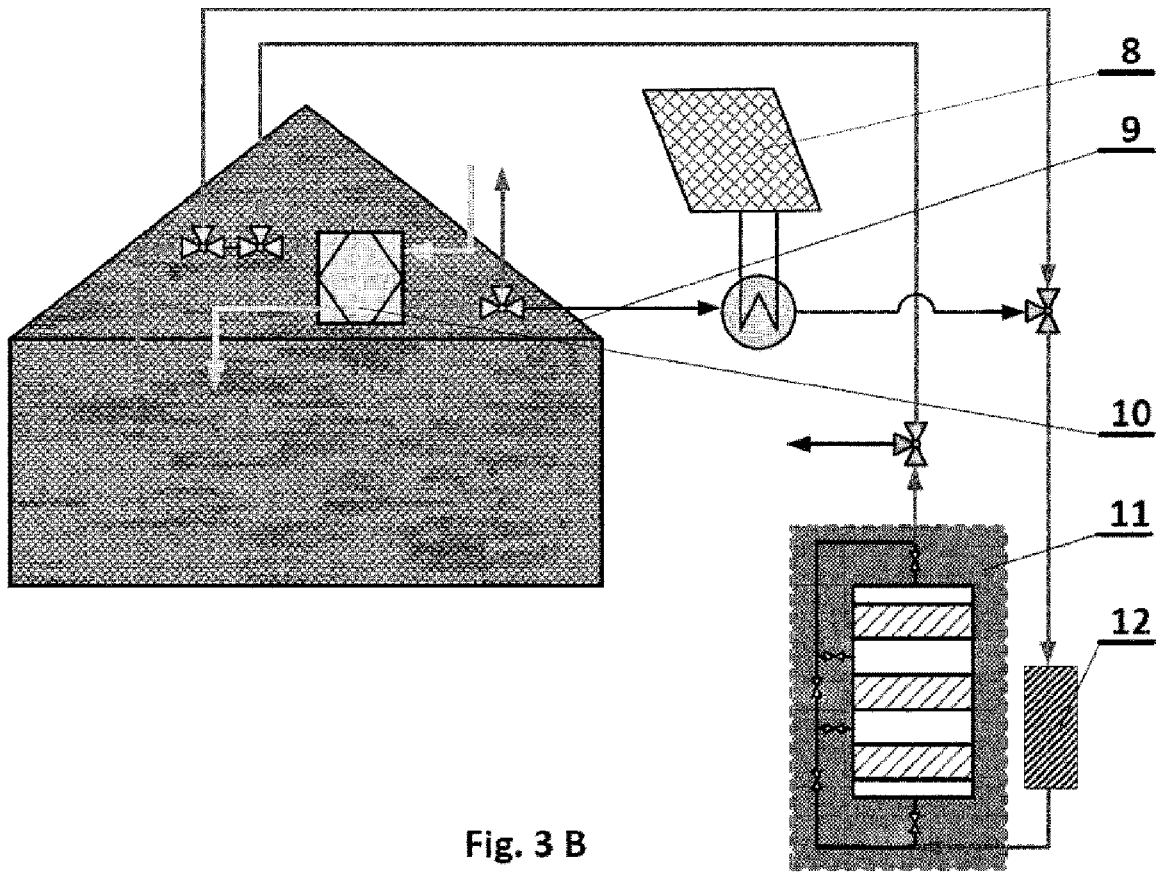


Fig. 3 B