RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **236110**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **425745**

(22) Data zgłoszenia: **28.05.2018**

(51) Int.Cl.
F28D 7/02 (2006.01)
F24D 17/00 (2006.01)

(54) **Wymiennik ciepła z ruchomym elementem wyporowym do odzysku ciepła z wody ściekowej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
02.12.2019 BUP 25/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
14.12.2020 WUP 20/20

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
ŁUKASZ BARTELA, Pilchowice, PL
WOJCIECH UCHMAN, Gliwice, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Katarzyna Borkowy

PL 236110 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest wymiennik ciepła z ruchomym elementem wyporowym do odzysku ciepła z wody ściekowej, mający zastosowanie zwłaszcza w gospodarstwach domowych do odbioru ciepła z tzw. ścieków szarych, tj. wody odprowadzanej do kanalizacji z takich urządzeń jak: umywalki, wanny, prysznice, pralki, zmywarki oraz w przemysłowych systemach odzysku ciepła, w szczególności w przypadkach, gdzie zrzut cieczy gorącej następuje okresowo (np. odmuliny lub odsoliny uzyskiwane w procesach obróbki termicznej wody).

Systemy umożliwiające odzysk ciepła z wody ściekowej nie są powszechnie stosowane, co decyduje o bardzo dużych ilościach ciepła bezpowrotnie traconego na drodze rozproszenia w elementach konstrukcyjnych budynku, gruncie, atmosferze.

Znanych jest wiele rozwiązań urządzeń umożliwiających odzysk ciepła. Liczną grupę takich rozwiązań stanowią urządzenia przewidziane dla liniowego przekazywania ciepła ze ścieków do zimnej wody użytkowej, gdzie możliwości odzysku ciepła ograniczone są do przypadków, w których zrzutowi ścieku towarzyszyć musi pobór wody użytkowej. Tym sposobem rozwiązania te są eliminowane dla odzysku ciepła z wody zrzucanej do kanalizacji z wanien, pralek oraz zmywarek.

Najszerzej rozpowszechnionym na świecie urządzeniem do odzysku ciepła wydaje się być wymiennik typu GFX (Gravity Film Xchange) opracowany w ramach programu finansowanego przez Departament Energetyki Stanów Zjednoczonych (U.S. Department of Energy). Wymiennik stanowi prostą rurę kanalizacyjną z nawiniętą na nią spiralnie rurą przewidzianą dla przeciwprądowo przemieszczającej się wody zimnej. W rozwiązaniu wykorzystane zostało zjawisko biofilmu umożliwiające spowolnienie ścieku grawitacyjnie przemieszczającego się po wewnętrznej ściance rury kanalizacyjnej. Niedogodnością rozwiązania jest potrzeba precyzyjnego montażu wymiennika w pozycji pionowej, co przy stosowaniu długich odcinków rur kanalizacyjnych pozwala na montaż urządzenia wyłącznie na kondygnacjach usytuowanych niżej w stosunku do kondygnacji, na których zachodzi zrzut ścieku.

Innym, znanym rozwiązaniem jest tzw. odzyskwa ściekowa, czyli wymiennik ciepła stanowiący umieszczoną w rurze ściekowej, spiralnie zwiniętą, nierdzewną rurę karbowaną, którą w przeciwprądzie do strumienia ścieków przepływa zimna woda użytkowa. Zasadniczą niedogodnością rozwiązania jest skłonność rury karbowanej do osadzania zanieczyszczeń stałych oraz trudność w jej czyszczeniu.

Z polskiego opisu patentowego PL196379 znany jest absorber ciepła, który stanowi monoblok do przeciwprądowego przepływu czynnika ciepłego oraz czynnika zimnego za pomocą równoległych kanałów wewnętrznie ożebrowanych.

Ponadto, poza wymiennikami liniowymi, znane są rozwiązania techniczne umożliwiające akumulację ciepła na drodze wyhamowania ścieku do czasu przejęcia od niego ciepła przez zimną wodę użytkową.

W rozwiązaniu ujawnionym w polskim opisie patentowym PL198134 funkcję elementu wyhamowującego przepływ pełni automatyczny zawór ciśnieniowo-temperaturowy, który umożliwia wypełnienie zbiornika akumulacyjnego ściekami do czasu ich wychłodzenia przez wodę zimną, po czym następuje zrzut ścieku do kanalizacji. Powyższe rozwiązanie umożliwia częściowy odzysk ciepła ze ścieku zrzucanego z wanny, pralki lub zmywarki.

Z opisu patentowego WO0198714A1 znane jest rozwiązanie wymiennika ciepła, który zbudowany jest z cylindrycznego, pionowego zbiornika na wodę ściekową, wewnątrz którego zamontowana jest rura spiralna dla transportu wody czystej, któremu towarzyszy wymiana ciepła między wodą ściekową, a wodą czystą i osadzony jest system ruchomy, składający się z elementu wyporowego oraz grzybka zaworu, połączonych sztywno trzpieniem. Po osiągnięciu odpowiedniego poziomu wypełnienia zbiornika wodą ściekową na element wyporowy działa siła wyporowa, dzięki której dochodzi do uwolnienia grzybka z gniazda zaworu, co skutkuje wypływem wody ze zbiornika i ponownym zamknięciem zaworu.

Niedogodnością dwóch ostatnich rozwiązań jest brak możliwości utrzymania gradientowego profilu temperatur w przestrzeni zbiornika ściekowego, co przy zasilaniu wymienników wodą zimną umożliwiłoby przybliżenie procesu wymiany ciepła do takiego, który jest znamienny dla wymienników przeciwprądowych, gdzie temperatura czynnika podgrzewanego może osiągać poziomy bliskie temperatury czynnika ciepłego zasilającego wymiennik. Ponadto w przypadku rozwiązania ujawnionego w opisie patentowym PL198134 niedogodnością jest potrzeba stosowania automatycznego zaworu, co istotnie komplikuje konstrukcję urządzenia.

Celem wynalazku jest uzyskanie wysokoefektywnego odzysku ciepła z wody ściekowej na drodze podgrzewu zimnej wody użytkowej, zarówno przy towarzyszącym zrzutowi wody ściekowej bieżącym zapotrzebowaniu na wodę użytkową (liniowy przepływ ciepła), jak również przy przesuniętym w czasie zrzucie wody ściekowej względem takiego zapotrzebowania na wodę użytkową, co umożliwia odzysk ciepła zarówno ze ścieku zrzucanego do kanalizacji w ramach takich urządzeń jak umywalka oraz prysznic, jak również wanna, pralka oraz zmywarka.

Cel ten osiągnięto poprzez zastosowanie w przestrzeni zbiornika zasobnikowego wymiennika ciepła ruchomego elementu, stanowiącego sztywne połączenie elementu wyporowego z grzybkiem zaworu, który w dolnym położeniu umożliwia zamknięcie przepływu dla wody ściekowej, co skutkuje utrzymaniem odpowiedniego, ciągłego wypełnienia zbiornika zasobnikowego. Cel osiągnięto również dzięki zastosowaniu przegród przelewowych, na sztywno umieszczonych na trzpieniu elementu ruchomego, uniemożliwiających mieszanie się wody ściekowej zasilającej wymiennik ciepła z wodą ściekową zgromadzoną w zbiorniku zasobnikowym, która częściowo została już wychłodzona przez wodę zimną przepływającą w przeciwprądzie przez rurę spiralnie nawiniętą na zbiornik zasobnikowy.

Wymiennik ciepła z ruchomym elementem wyporowym zbudowany z cylindrycznego, pionowego zbiornika zasobnikowego na wodę ściekową, który ma nawiniętą rurę spiralną, wewnątrz którego osadzony jest ruchomy system składający się z elementu wyporowego, umieszczonego w górnej części wymiennika ciepła oraz grzybka zaworu, umieszczonego w dolnej części wymiennika ciepła, sztywno połączonych trzpieniem, w górnej części wymiennika ciepła zaopatrzony jest we wlot czynnika wysokotemperaturowego (A), u podstawy zaopatrzony jest w wylot czynnika wysokotemperaturowego (B) oraz w gniazdo zaworu, w dolnej części wymiennika ciepła usytuowany jest wlot czynnika niskotemperaturowego (C) oraz w górnej części wymiennika usytuowany jest wylot czynnika niskotemperaturowego (D) charakteryzuje się tym, że zbiornik zasobnikowy ma zewnętrznie nawiniętą rurę spiralną, natomiast na trzpieniu, na całej wysokości zbiornika zasobnikowego, sztywno zamontowana jest co najmniej jedna walcowa przegroda przelewowa.

Korzystnie wymiennik ciepła według wynalazku ma walcowe przegrody przelewowe, które tworzą przy wewnętrznej ściance zbiornika zasobnikowego szczeliny przelewowe dla wody ściekowej.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest możliwość zastosowania wymiennika dla odzysku ciepła z wody ściekowej zarówno przy równolegle odbywającym się przepływie przez wymiennik wody ściekowej oraz wody użytkowej (liniowa wymiana ciepła), jak również w sytuacji, w której występuje okresowy brak ciągłości w przepływie któregoś z czynników lub obu czynników wymieniających ciepło. Intensywność wymiany ciepła w ramach wymiennika o określonej konstrukcji jest warunkowana natężeniami przepływów oraz temperaturami czynników wymieniających ciepło, przy czym warunkiem koniecznym dla realizacji wymiany ciepła jest różnica temperatur. W sytuacji braku przepływu któregoś z czynników lub braku przepływu obu czynników wymiana ciepła zachodzi, aż do ustalenia równowagi termicznej pomiędzy dwoma płynami. Przegrody przelewowe, które ograniczają mieszanie się cieczy wprowadzanej do zbiornika z płynem w nim zgromadzonym, umożliwiają utrzymywanie gradientu temperatury wychładzanej wody ściekowej na wysokości zbiornika zasobnikowego i tym samym zapewnienie konstrukcji o zaletach wymiennika przeciwprądowego. Ponadto jest możliwość uzyskania lokalnej intensyfikacji wymiany ciepła w przestrzeni zbiornika zasobnikowego, dzięki uzyskiwanym lokalnie wysokim prędkościom przepływu wody ściekowej w szczelinach (oraz w ich sąsiedztwie) utworzonych pomiędzy powierzchniami walcowymi przegród przelewowych, a powierzchnią wewnętrzną zbiornika zasobnikowego. Zaletą wynalazku jest także niski stopień skomplikowania konstrukcji, co sprzyja jego niezawodności oraz obniża uciążliwość eksploatacji oraz koszty produkcji. Możliwość skalowania urządzenia w szerokim zakresie wydajności, umożliwia jego stosowanie zarówno w ramach gospodarstw domowych, jak również w przemyśle. Możliwe jest również stosowanie wymienników ciepła dla odzysku ciepła z wody ściekowej trafiającej do wymiennika z większej liczby źródeł.

Przedmiot wynalazku został objaśniony w przykładzie wykonania na załączonym rysunku, który przedstawia przekrój przez wymiennik ciepła w płaszczyźnie wyznaczonej jego osią.

Wymiennik ciepła według wynalazku zbudowany jest z pionowego, cylindrycznego zbiornika zasobnikowego (1) na wodę ściekową z wlotem czynnika wysokotemperaturowego (A) zlokalizowanym w górnej jego części oraz wylotem czynnika wysokotemperaturowego (B) zlokalizowanym w dolnej części zbiornika, gdzie zamontowane jest gniazdo zaworu (6). Na zbiornik zasobnikowy (1) nawinięta jest rura spiralna (7) umożliwiająca przeciwprądowy, względem wody ściekowej, przepływ zimnej wody użytkowej wprowadzanej do wymiennika ciepła wlotem czynnika niskotemperaturowego (C) oraz opuszcza-

jącej wymiennik ciepła wylotem czynnika niskotemperaturowego (D). W przestrzeni zbiornika zasobnikowego (1) zabudowany jest element ruchomy stanowiący trzpień (3), łączący element wyporowy (2) umieszczony w górnej części wymiennika ciepła z grzybkiem zaworu (5) umieszczonym w dolnej części wymiennika ciepła, z zamontowanymi na długości trzpienia cylindrycznymi przegrodami przelewowymi (4), które nie stykają się ze ścianką zbiornika zasobnikowego (1), ale organizują w przestrzeni zbiornika zasobnikowego, w sąsiedztwie ścianki zbiornika, szczeliny przelewowe o odpowiedniej szerokości oraz wysokości, które umożliwiają grawitacyjny przepływ wody ściekowej do kolejnych przestrzeni zbiornika zasobnikowego (1) zorganizowanych pomiędzy kolejnymi przegrodami przelewowymi (4). Zawór, stanowiący grzybek zaworu (5) oraz gniazdo zaworu (6), umożliwia okresowy wypływ cieczy przy zachowaniu odpowiedniego wypełnienia przestrzeni zasobnikowej wymiennika wodą ściekową. Ciepło w wymienniku przekazywane jest na drodze przewodzenia ciepła przez przegrodę od wody ściekowej zgromadzonej w zbiorniku zasobnikowym (1) do zimnej wody użytkowej przepływającej przez rurę spiralną (7). Zawór otwierany jest w momencie osiągnięcia przez ciecz zgromadzoną w zbiorniku zasobnikowym (1) ustalonego poziomu maksymalnego. Zawór otwierany jest przez podniesienie grzybka zaworu (5) na drodze działania na element wyporowy (2), częściowo zanurzony w wodzie ściekowej, siły wyporowej. Przy otwartym zaworze wychłodzona woda ściekowa opuszcza zbiornik zasobnikowy (1) w dolnej części wymiennika ciepła, co prowadzi do stopniowego obniżania poziomu zgromadzonej w zbiorniku wody ściekowej. Towarzyszy temu zmiana lokalizacji elementu ruchomego wymiennika ciepła, aż do osiągnięcia przez grzybek zaworowy (5) poziomu gniazda zaworowego (6) i tym samym zamknięcia przepływu wody ściekowej przez zawór. Przy ciągłym napływie wody ściekowej do wymiennika ciepła poziom wody w zbiorniku podnosi się, aż do osiągnięcia poziomu maksymalnego, w którym następuje ponowne otwarcie zaworu. Konstrukcja zaworu musi umożliwić wypływ wody ściekowej ze zbiornika zasobnikowego (1) przy większym strumieniu niż strumień wody ściekowej wprowadzanej do zbiornika zasobnikowego.

Wymiennik ciepła według wynalazku pełni rolę syfonu dla instalacji kanalizacyjnej, co umożliwia rezygnację z wyposażania instalacji w tego typu dedykowane urządzenia. Zastosowanie przegród przelewowych (4), które są na sztywno połączone z trzpieniem (3) elementu ruchomego wymiennika ciepła, przeciwdziała intensywnemu mieszaniu się wody wprowadzanej do zbiornika zasobnikowego (1) z wodą wcześniej zgromadzoną w zbiorniku. Zastosowanie przegród przelewowych (4) umożliwia tym samym ustalenie odpowiedniego gradientu temperatur wody ściekowej na wysokości zbiornika. Woda ściekowa przy zasilaniu nią wymiennika ciepła stopniowo przemieszcza się do kolejnych stref zbiornika zasobnikowego (1), stanowiących przestrzenie zorganizowane pomiędzy kolejnymi przegrodami przelewowymi (4), oddając stopniowo ciepło wodzie zimnej. Dzięki temu, przy równoczesnym zasilaniu wymiennika wodą zimną, efektywnej wymianie ciepła sprzyja poprawna, z punktu widzenia teorii wymiany ciepła, wzajemna relacja profili temperatur na ścieżkach przepływu czynników wymieniających ciepło. Kształt przegród przelewowych (4) umożliwia dodatkowo uzyskanie odpowiednich, z punktu widzenia teorii wymiany ciepła, profili prędkości wody ściekowej przemieszczającej się grawitacyjnie w bliskim otoczeniu ścianki zbiornika zasobnikowego (1), która stanowi przegrodę dla wymienianego ciepła. Wyższe prędkości wody sprzyjają intensyfikacji procesu wymiany ciepła. Dobrany kształt (średnica oraz wysokość) stosowanych przegród przelewowych powinien umożliwić właściwy transport grawitacyjny wody ściekowej przy równoczesnej maksymalizacji strumienia przekazywanego ciepła. Przy zrzucie wody ściekowej, przy równocześnie występującym braku zapotrzebowania na wodę użytkową (brak przepływu wody zimnej przez rurę spiralną) zbiornik zasobnikowy (1) zostaje wypełniony wodą ściekową w ilości odpowiadającej ilości zrzucanej do wymiennika ciepła wody ściekowej. W trakcie zrzutu ciepło przekazywane jest od wody ściekowej, przemieszczającej się grawitacyjnie w dół zbiornika zasobnikowego, do wody zgromadzonej w przestrzeni rury spiralnej. Po zrzucie wody ściekowej, tj. po zaprzestaniu zasilania wymiennika wodą ściekową, przy równoczesnym braku poboru wody użytkowej, w ramach wymiennika realizowana jest wymiana ciepła o charakterze w pełni swobodnym. Ma ona miejsce do momentu wystąpienia zrzutu wody ściekowej i/lub wystąpienia poboru wody użytkowej. Po odpowiednio długim czasie, po dwóch stronach przegrody, ustalone zostaną zbliżone poziomy temperatur dwóch czynników, tj. wody świeżej oraz wody ściekowej.

Korzystne jest, aby oś zbiornika zasobnikowego (1), stanowiącego element wymiennika ciepła usytuowana była w pozycji pionowej, przy czym możliwe jest zastosowanie pochyłu osi, ale nie na tyle dużego, aby zaburzone zostało wyporowe oddziaływanie elementu wyporowego (2) na grzybek zaworowy (5). Korzystne jest zastosowanie izolacji cieplnej minimalizującej stratę ciepła do otoczenia oraz do elementów systemu mocowania wymiennika. Korzystne jest zastosowanie odpowiedniej pojemności

zbiornika zasobnikowego (1), dostosowanej do maksymalnych ilości zrzucanej do kanalizacji wody ściekowej, z takich urządzeń jak wanna, pralka, zmywarka, co dla takich zastosowań pozwoli maksymalizować stopień odzysku ciepła, przy czym równocześnie korzystne jest zachowanie wysokiej, wzajemnej relacji wysokości oraz średnicy zbiornika zasobnikowego. Korzystne jest zastosowanie elementu filtrującego wodę ściekową wprowadzaną do wymiennika ciepła celem wyeliminowania z wody zanieczyszczeń stałych, co może być korzystne z uwagi na szczelność zaworu. Korzystne jest zastosowanie takiej konstrukcji wymiennika (np. na drodze zastosowania odpowiedniej średnicy wlotu dla wody ściekowej), która umożliwi wyciągnięcie elementu ruchomego urządzenia celem przeprowadzania okresowego oczyszczania elementów wymiennika mających styczność z wodą ściekową z zanieczyszczeń.

Na rysunku uwidoczniony jest stan wymiennika reprezentujący etap, w którym zawór urządzenia jest zamknięty, tj. grzybek zaworu (5) jest osadzony w gnieździe zaworu (6). Woda ściekowa kierowana jest do zbiornika zasobnikowego (1) wymiennika ciepła wlotem czynnika wysokotemperaturowego (A). Poziom wody w zbiorniku wzrasta, co przyczynia się do zwiększania objętości elementu wyporowego (2) znajdującego się pod lustrem wody. Element wyporowy (2) jest połączony trzpieniem (3) z grzybkiem zaworu (5). Na trzpieniu (3) umieszczonych jest osiem przegród przelewowych (4), których rzut poprzeczny w odpowiednim stopniu wypełnia przekrój poprzeczny zbiornika zasobnikowego (1). Przegrody przelewowe (4) równocześnie nie stykają się z powierzchnią zbiornika zasobnikowego (1), tworząc w ten sposób szczeliny przelewowe dla wody ściekowej. Przegrody przelewowe (4) posiadają powierzchnię walcową, zlokalizowaną równolegle względem powierzchni ścianki zbiornika zasobnikowego (1). W miarę zwiększania stopnia wypełnienia zbiornika na element wyporowy (2) działa coraz większa siła wyporowa, co w pewnym momencie skutkuje uwolnieniem grzybka zaworu (5) z gniazda zaworu (6). Po otwarciu zaworu woda ściekowa opuszcza zbiornik zasobnikowy (1) przez wylot czynnika wysokotemperaturowego (B). Na tym etapie, na skutek działania siły wyporu, element ruchomy przemieszcza się w górę zbiornika, a woda ściekowa zgromadzona w objętości zbiornika zasobnikowego (1) grawitacyjnie przemieszcza się przez kolejne szczeliny przelewowe (4), zasilając kolejne przestrzenie zbiornika, które zorganizowane są pomiędzy kolejnymi przegrodami przelewowymi (4). Po osiągnięciu odpowiedniego stopnia wynurzenia elementu wyporowego z wody ściekowej siła wyporu zostaje zrównoważona przez siłę grawitacji, skutkiem czego jest przemieszczanie elementu ruchomego wymiennika ciepła wraz z lustrem wody ściekowej w dół zbiornika, aż do momentu osadzenia grzybka zaworu (5) w gnieździe zaworu (6). Od tego momentu, na skutek zwiększania objętości wody ściekowej w zbiorniku zasobnikowym (1), na element wyporowy (2) zaczyna działać coraz większa siła wyporowa, skutkiem czego, po przekroczeniu jej odpowiedniej wartości, grzybek zaworu (5) zostaje ponownie uwolniony z gniazda zaworu (6). Woda ściekowa zarówno na etapie akumulacji, tj. przy zamkniętym zaworze, jak również na etapie transportu grawitacyjnego jest chłodzona przez czystą wodę użytkową przepływającą w górę zbiornika (1) przez rurę spiralni (7), nawiniętą na zbiornik zasobnikowy (1). Woda zimna wprowadzona jest do wymiennika ciepła wlotem czynnika niskotemperaturowego (C) i po odbiorze ciepła opuszcza wymiennik wylotem czynnika niskotemperaturowego (D).

Zastrzeżenia patentowe

1. Wymiennik ciepła z ruchomym elementem wyporowym zbudowany z cylindrycznego, pionowego zbiornika zasobnikowego (**1**) na wodę ściekową, który ma nawiniętą rurę spiralną (**7**), wewnątrz którego osadzony jest ruchomy system składający się z elementu wyporowego (**2**). umieszczonego w górnej części wymiennika ciepła oraz grzybka zaworu (**5**), umieszczonego w dolnej części wymiennika ciepła, sztywno połączonych trzpieniem (**3**), w górnej części wymiennika ciepła zaopatrzony jest we wlot czynnika wysokotemperaturowego (**A**), u podstawy zaopatrzony jest w wylot czynnika wysokotemperaturowego (**B**) oraz w gniazdo zaworu (**6**), w dolnej części wymiennika ciepła usytuowany jest wlot czynnika niskotemperaturowego (**C**) oraz w górnej części wymiennika usytuowany jest wylot czynnika niskotemperaturowego (**D**), **znamienny tym**, że zbiornik zasobnikowy (**1**) ma zewnętrznie nawiniętą rurę spiralną (**7**), natomiast na trzpieniu (**3**), na całej wysokości zbiornika zasobnikowego (**1**), sztywno zamontowana jest co najmniej jedna walcowa przegroda przelewowa (**4**).
2. Wymiennik ciepła według zastrz. 1, **znamienny tym**, że walcowe przegrody przelewowe (**4**) tworzą przy wewnętrznej ściance zbiornika zasobnikowego (**1**) szczeliny przelewowe dla wody ściekowej.

Rysunek

