

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 244094 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **438434**

(22) Data zgłoszenia: **2021.07.09**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.01.16 BUP 03/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.11.27 WUP 48/2023**

(51) MKP:

F24T 10/10 (2018.01)

F24T 10/20 (2018.01)

F24F 5/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

KOZIMOR KAZIMIERZ, Gliwice, PL

NOWAK-MUCHA RENATA,

Dąbrowa Górnicza, PL

MUCHA ZENON, Dąbrowa Górnicza, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

KAZIMIERZ KOZIMOR, Gliwice, PL

RENATA NOWAK-MUCHA,

Dąbrowa Górnicza, PL

ZENON MUCHA, Dąbrowa Górnicza, PL

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Mariusz Grzesiczak,

Dąbrowa Górnicza, PL

(54) Tytuł:

Układ gruntowego powietrznego wymiennika ciepła

PL 244094 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ gruntowego powietrznego wymiennika ciepła (dalej w skrócie GWC), zarówno przeponowego, jak i bezprzeponowego, umożliwiający optymalizację wymiany ciepłej powietrza z gruntem. Rozwiązanie znajduje zastosowanie zwłaszcza do poprawy pobierania ciepła z gruntu w okresie zimy oraz chłodzenia powietrza transportowanego przez wymiennik w okresie lata, dzięki czemu do docelowego miejsca odbioru dostarczane jest powietrze efektywniej podgrzewane lub schłodzone.

Technologie związane z odzyskiem ciepła lub chłodu z gruntu, na potrzeby ogrzewania lub chłodzenia obiektów, zwłaszcza mieszkalnych, znane są od wielu lat.

Między innymi znane są sposoby odzysku ciepła lub chłodu z gruntu przy pomocy gruntowych wymienników ciepła, w których strumień powietrza płynie pod ziemią poprzez system kanałów wentylacyjnych, gdzie następuje wymiana ciepła powietrza z gruntem. Strumień powietrza atmosferycznego o temperaturze ujemnej, zwłaszcza w okresie zimowym lub dodatniej, zwłaszcza w okresie letnim, płynąc pod ziemią, przeważnie mniej więcej na głębokości około dwóch metrów napotyka grunt o temperaturze pozwalającej na podgrzanie tego powietrza zimą lub schłodzenie latem.

Do najbardziej znanych powietrznych gruntowych wymienników ciepła należą:

- żwirowe gruntowe wymienniki ciepła
- powietrzne gruntowe rurowe wymienniki ciepła
- powietrzne płytowe gruntowe wymienniki ciepła.

We wszystkich tych rozwiązaniach jako medium, poprzez które odzyskuje się ciepło lub chłód z gruntu stosuje się powietrze.

Znane są powietrzne rurowe gruntowe wymienniki ciepła będące systemami przeponowymi, wykonanymi zwykle z rur polipropylenowych lub polietylenowych, montowane w gruncie. W trakcie przepływu powietrza w rurach, poprzez ich ścianki następuje wymiana ciepła powietrza z gruntem.

Znane są też systemy bezprzeponowe, do których należą żwirowe wymienniki ciepła, w których powietrze przechodzi przez zgromadzony w wykopie żwir oddzielony od gruntu rodzimego, na przykład folią lub płytami betonowymi. W złożu żwirowym następuje wymiana ciepła z powietrzem. Wymiennik ten pracuje na zasadzie akumulacji ciepła w złożu żwirowym.

Do wymienników bezprzeponowych należą też płytowe gruntowe wymienniki ciepła, w których powietrze płynie kilkucentymetrową szczeliną pomiędzy płytą wymiennika i warstwą utwardzonego gruntu. Płytowy gruntowy wymiennik ciepła znany jest między innymi z opisu patentowego PL217601. Wymiennik ten charakteryzuje się tym, że na gruncie rodzimym poziomo lub pod małym nachyleniem uformowana jest warstwa materiałów przepuszczających powietrze, tworząc kanał cyrkulacyjny wymiennika ograniczony nośną płytą z wyprowadzonymi elementami dystansowymi i połączonymi z siatką konstrukcyjną osadzoną na siatce stabilizującej, a całość jest przykryta warstwą izolacyjną.

Kolejnym przykładem wymienników bezprzeponowych są rozwiązania, w których jako kanały do transportu powietrza zastosowano połówki rur przeciętych wzdłużnie. Takie rozwiązanie znane jest na przykład z patentu PL223092 obejmującego układ gruntowego powietrznego wymiennika ciepła charakteryzujący się tym, że na podłożu wykonanym z kruszywa naturalnego żwirowego lub łamanego lub z mieszaniny piasku z kruszywem naturalnym żwirowym lub łamanym ułożone są kanały powietrzne w postaci połówek rur, korzystnie o półokrągłym przekroju poprzecznym, wykonane poprzez cięcie wzdłuż osi wzdłużnej rur litych albo korugowanych, albo spiralnie zwijanych, korzystnie polietylenowych lub polipropylenowych. Kanały powietrzne w postaci połówek rur są szczelnie wsunięte z jednej strony do otworów wyciętych w kolektorze zbierającym a z drugiej strony do otworów wyciętych w kolektorze rozdzielającym. Kolektor zbierający z jednej strony zakończony jest zaślepką a z drugiej strony posiada króciec łączący go z rurą połączoną z drugiej strony z urządzeniem transportującym powietrze do docelowego miejsca odbioru, natomiast kolektor rozdzielający z jednej strony zakończony jest zaślepką a z drugiej strony posiada króciec łączący go z rurą połączoną z drugiej strony z pompą powietrza.

Znane są również GWC bezprzeponowe z kanałami powietrznymi, w których zachodzi wymiana ciepła powietrza z gruntem, wytłoczonymi poprzez tłoczenie, wtryskiwanie lub termoformowanie jako moduły płytowe, gdzie kanały te w przekroju poprzecznym mają kształt wycinków okręgu, korzystnie są półokrągłe. Takie rozwiązanie znane jest na przykład z opisu patentowego PL226528.

Z opisu patentowego JP2016070584A znany jest system klimatyzacji z gruntowym wymiennikiem ciepła. Powietrze jest wprowadzane z zewnątrz do rury wymiennika ciepła osadzonej w gruncie, gdzie

następuje wymiana ciepła powietrza z gruntem, a następnie jest odprowadzane do wewnątrz pomieszczenia przez rurę wymiennika ciepła, co zapewnia klimatyzację pomieszczenia. System klimatyzacji z wymiennikiem ciepła stanowi system przeponowy, w którym wymiana ciepła zachodzi poprzez ścianki pełnych rur transportu powietrza. Wynalazek JP2016070584A opisuje prosty układ czerpni powietrza, wentylatora, z rurą w ziemi, rury wylotowej do pomieszczenia, którą spina z wentylatorem obejście z przepustnicą. Obejście z przepustnicą spełnia rolę rozdzielczą, czyli obniżania nominalnej wydajności powietrza, jaką jedyny w układzie wentylator tłoczy do odbioru docelowego. Na obejściu nie ma dodatkowego wentylatora, co stanowi podstawową różnicę w stosunku do rozwiązania według niniejszego wynalazku wyposażonego w dodatkowy układ obejściowy z drugim wentylatorem, który zwiększa przepływ, ale tylko przez wymiennik GWC intensyfikując wymianę ciepła. Dodatkowy układ obejściowy z regulowaną wydajnością drugiego wentylatora zwiększa wymianę ciepła w GWC, ale nigdy nie zmienia nominalnej wydajności wentylatora głównego.

Systemy gruntowych wymienników ciepła znane ze stanu techniki cechują się wieloma zaletami. Oprócz niezaprzeczalnych wartości ekologicznych tego typu odnawialnych źródeł energii, rozwiązania takie często dają użytkownikowi duże oszczędności w zakresie zużycia energii, a co za tym idzie oszczędności ekonomiczne.

Na świecie wciąż jednak poszukuje się nowych pomysłów, jak pozyskać w stosunkowo prosty i możliwie najtańszy sposób energię odnawialną, do czego motywują problemy związane z ciągłym ocieplaniem klimatu spowodowanym przede wszystkim przez niekorzystną ingerencję człowieka w środowisko naturalne.

Celem twórców niniejszego wynalazku było właśnie opracowanie rozwiązania, które pozwoli zoptymalizować pracę gruntowych – zarówno przeponowych, jak i bezprzeponowych – powietrznych wymienników ciepła i zwiększyć ich efektywność, umożliwiając jeszcze lepsze wykorzystanie energii cieplnej z gruntu, przyczyniając się przy tym do generowania oszczędności u użytkownika końcowego.

Cel ten udało się zrealizować poprzez opracowanie rozwiązania według niniejszego wynalazku, w postaci układu gruntowego powietrznego wymiennika ciepła, zawierającego co najmniej jeden moduł wymiennika ciepła, który to moduł zawiera co najmniej jeden kanał powietrzny, w którym następuje wymiana ciepła transportowanego powietrza z gruntem, a kanał powietrzny jest połączony z jednej strony z kolektorem rozprowadzającym, a z drugiej strony z kolektorem zbierającym, przy czym kolektor rozprowadzający z jednej strony jest zaślepiony, a z drugiej strony jest połączony kanałem dolotowym z czerpnią powietrza, natomiast kolektor zbierający z jednej strony jest zaślepiony, a z drugiej strony połączony jest kanałem wylotowym z układem transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru, charakteryzującego się tym, że moduł wymiennika ciepła wyposażony jest w co najmniej jeden kanał obejściowy, który z jednej strony połączony jest z kanałem wylotowym, a z drugiej strony z kanałem dolotowym, ponadto w kanale obejściowym zamontowane są wentylator obejściowy oraz przepustnica, korzystnie z napędem elektrycznym, przy czym w wariacie układu z więcej niż jednym modułem wymiennika ciepła moduły te połączone są ze sobą szeregowo w taki sposób, że kanał wylotowy każdego z nich dołączony jest do wspólnego kanału zbiorczego stanowiącego element układu transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru.

Korzystnie, kanał obejściowy połączony jest z kanałem dolotowym za pomocą trójnika.

Korzystnie, kanał obejściowy połączony jest z kanałem wylotowym za pomocą trójnika.

Korzystnie, w odmianie wymiennika bezprzeponowego kanał powietrzny utworzony jest poprzez posadowienie na warstwie gruntu płaskiej płyty wymiennika opartej na elementach dystansowych w sposób zapewniający szczelinę dla przepływu powietrza między płaską płytą a gruntem.

Korzystnie, w innej odmianie wymiennika bezprzeponowego kanał powietrzny stanowi wycinek rury wykonany poprzez cięcie wzdłuż osi podłużnej rury litej albo korugowanej, albo spiralnie zwijanej, lub wykonany poprzez tłoczenie, wtryskiwanie lub termoformowanie, przy czym wycinek rury ma w przekroju poprzecznym kształt wycinka koła lub elipsy, korzystnie połówki koła.

W najkorzystniejszej odmianie wymiennika bezprzeponowego układ zawiera moduł wymiany powietrza z gruntem, mający postać płyty wykonanej poprzez tłoczenie, wtryskiwanie lub termoformowanie, z wykonanymi w niej kanałami powietrznymi mającymi w przekroju poprzecznym kształt wycinka koła lub elipsy, korzystnie połówki koła.

Korzystnie, w odmianie wymiennika przeponowego kanał powietrzny stanowi rura lita albo korugowana, albo spiralnie zwijana.

Korzystnie, kanał dolotowy łączący kolektor rozprowadzający z czerpnią powietrza zbudowany jest z dwóch odcinków połączonych ze sobą za pomocą trójnika, z których pierwszy to kanał stanowiący

przedłużenie kolektora rozprowadzającego, a drugi to kanał doprowadzający wyprowadzony z czerpni, przy czym z trzecią odnogą trójnika połączony jest kanał obejściowy.

Korzystnie, kanał wylotowy łączący kolektor zbierający z układem transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru zbudowany jest z dwóch odcinków połączonych ze sobą za pomocą trójnika, z których pierwszy to kanał stanowiący przedłużenie kolektora zbierającego, a drugi to kanał odprowadzający doprowadzony do układu transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru, przy czym z trzecią odnogą trójnika połączony jest kanał obejściowy.

Korzystnie, kolektory rozprowadzający i zbierający wykonane są z całych rur o pełnym obwodzie lub z wycinków rur, korzystnie połówek rur, przy czym w wariacie z kolektorami z całych rur, w ich dolnej części wykonane są otwory służące odprowadzaniu do gruntu kondensatu skroplonej wody.

Korzystnie, kanał/y powietrzny/e posiada/ją wewnętrzną powłokę antybakteryjną.

Korzystnie, kanał obejściowy posiada wewnętrzną powłokę antybakteryjną.

Korzystnie, kolektor zbierający i/lub kolektor rozprowadzający posiada wewnętrzną powłokę antybakteryjną.

Korzystnie, kanał dolotowy transportujący powietrze od czerpni powietrza do wymiennika posiada wewnętrzną powłokę antybakteryjną.

Korzystnie, kanał wylotowy transportujący powietrze od wymiennika do układu transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru posiada wewnętrzną powłokę antybakteryjną.

Korzystnie, w wariacie układu z więcej niż jednym modułem wymiennika ciepła, kanał wspólny zbiorczy posiada wewnętrzną powłokę antybakteryjną.

Korzystnie, powłokę antybakteryjną w kanałach transportu powietrza stanowi warstwa nanocząstek metalu szlachetnego, zwłaszcza srebra, wtopiona w procesie koekstruzji w powłokę wewnętrzną danego kanału transportu powietrza.

Korzystnie, moduł wymiennika ciepła wyposażony jest w moduł kropelkowego nawilżania złoża zawierający układ rurek zamontowanych w kanale/ach powietrznym/ch, najkorzystniej ułożonych w kształcie wężownicy, przy czym w rurkach wykonane są otwory wylotowe cieczy nawilżającej.

Korzystnie, moduł wymiennika ciepła wyposażony jest w moduł zamglawiania powietrza, podłączony do układu w taki sposób, by dysze zamglawiające wprowadzały mgiełkę cieczy nawilżającej do czerpni lub do kanału dolotowego, najkorzystniej pomiędzy czerpnią powietrza a wlotem kanału obejściowego.

Korzystnie, moduł wymiennika ciepła wyposażony jest w układ automatycznego sterowania otwarciem/zamknięciem przepustnicy oraz włączaniem/wyłączaniem wentylatora obejściowego, wyposażony w czujnik temperatury powietrza wylotowego z modułu wymiennika ciepła.

Korzystnie, w kanale wylotowym, pomiędzy miejscem połączenia tego kanału z kanałem obejściowym a układem transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru zabudowane jest urządzenie odciągowe powietrza, najkorzystniej wentylator wylotowy.

Urządzenie odciągowe powietrza może być również elementem układu transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru.

W układzie według wynalazku, w module wymiennika ciepła zastosowano recyrkulację przepływu powietrza poprzez kanał obejściowy (by-pass) z wentylatorem przetłaczającym część powietrza, korzystnie od 20 do 60% powietrza wychodzącego z kanału wylotowego z powrotem do kolektora rozprowadzającego.

Układ gruntowego wymiennika ciepła według wynalazku montowany jest w gruncie, w którym następuje wymiana cieplna transportowanego powietrza z tym gruntem. Korzystnie układ posadawia się na podłożu, korzystnie utwardzonym, wykonanym z naturalnego żwirowego lub łamanego kruszywa, o granulacji kruszywa od 0 do 31,5 mm, lub wykonanym z mieszaniny, na którą składa się piasek, korzystnie płukany oraz naturalne żwirowe lub łamane kruszywo, korzystnie płukane, o granulacji kruszywa od 10 do 20 mm, w proporcjach korzystnie $3 \div 1$, a na układzie naniesiona jest warstwa gruntu rodzimego, korzystnie odpowiednio zagęszczona, o grubości niezbędnej do wyrównania terenu w przypadku montażu na terenie otwartym lub do wyrównania przestrzeni pod wylewkami w przypadku montażu w obrębie fundamentów.

Korzystnie, jako kruszywo naturalne, z którego wykonane jest podłoże, stosuje się bazalt, melafir, granit, gąbro, diabaz, wapień, dolomit, piaskowiec, porfir, amfibolit, gnejs, serpentynit lub kwarcyt lub ich dowolne mieszaniny.

Podstawową zaletą układu według zgłaszanego wynalazku jest podniesienie wartości współczynnika COP, to jest współczynnika efektywności pracy urządzenia (COP – ang. Coefficient of Performance). Wartość współczynnika COP można najprościej określić jako stosunek energii uzyskanej podanej w kWh do energii dostarczonej także w kWh w tym samym czasie. Wartość COP dla pomp ciepła oscyluje w granicach 3,5, a maksymalnie, w sprzyjających warunkach, do 5,2. Wartość COP dla gruntowych rurowych wymienników ciepła przekracza 20 [dane według opracowania A. Górka, E. Szczechowiak opublikowane w referacie wygłoszonym na Konferencji „Gruntowe Powietrzne Wymienniki Ciepła”, w dniu 12 marca 2008 r. w Poznaniu]. Mając na uwadze ciągłe wprowadzanie nowych rozwiązań w zakresie odnawialnych źródeł energii oraz tendencje i rozwój w tym kierunku na świecie, przewidywać należy duże zainteresowanie rynku również niniejszym rozwiązaniem, które – jak wynika z przeprowadzonych obliczeń – umożliwi uzyskanie dla gruntowych powietrznych wymienników ciepła współczynnika COP o wartości ponad 33.

Autorzy wynalazku przeanalizowali i przebadali termodynamiczne warunki pracy, szczególnie bezprzeponowych gruntowych wymienników ciepła, w zakresie mocy cieplnej złoża, akumulacyjności cieplnej, możliwości regeneracji cieplnej i wymiany ciepła pomiędzy gruntem a przepływającym powietrzem. W odróżnieniu od powietrznych przeponowych (rurowych) gruntowych wymienników ciepła, gdzie wymiana cieplna następuje poprzez ściankę rury, w wymiennikach gruntowych bezprzeponowych wymiana cieplna następuje poprzez dyfuzję, która to wymiana znana z fizyki jest znacznie bardziej intensywna od wymiany poprzez ściankę rury. Dodatkowo w gruntowych bezprzeponowych wymiennikach ciepła zalety wynalazku można zintensyfikować poprzez nawilżanie złoża przed okresem chłodnym (przeważnie zimowym) oraz nawilżanie złoża, przed okresem ciepłym (przeważnie letnim), przez co uzyskuje się wzrost współczynnika przewodności cieplnej gruntu, co jest szczególnie korzystne dla gruntów piaszczystych i lekkich. Uzyskuje się także wzrost pojemności cieplnej złoża, co pomaga łatwiej pokrywać szczytowe potrzeby. Do tej pory w zakresie nawilżania złoża dla montowanych gruntowych wymienników ciepła bezprzeponowych wykorzystywano nawilżanie kropelkowe, czyli standardowe rozwiązania dla nawilżania terenów zielonych. Takie systemy nawilżania stosowane były jednak sporadycznie, najwyżej w 1 do 2% montowanych wymienników bezprzeponowych, a ich celem było dowilżenie powietrza w okresie zimy, kiedy podczas mrozów spada jego wilgotność. Nie brano pod uwagę nawilżania złoża w celu znacznego podniesienia wartości współczynnika COP. Zgodnie z niniejszym wynalazkiem stosuje się albo klasyczne systemy nawilżania kropelkowego, w których w kanałach powietrznych prowadzi się rurki (korzystnie w układzie węzownic) z otworami, albo nieznanne dotąd w systemach gruntowych wymienników ciepła systemy zamgławiania.

Autorzy niniejszego wynalazku dokonali szczegółowej analizy opublikowanych danych temperaturowych gruntów, szybkości zmian termicznych w gruncie, przepływów ciepła w gruncie, rozwiązań gruntowych wymienników ciepła znanych ze stanu techniki, a także przeprowadzili własne kilkuletnie, szczegółowe badania na wymiennikach bezprzeponowych (gdzie jako kanały powietrzne, w których następuje wymiana cieplna powietrza z gruntem, zastosowano moduły płytowe z wytłoczonymi kanałami powietrznymi w postaci połówek rur) o wydajności przepływu powietrza w wielkości 300, 450 i 600 m³/h. W wyniku tych analiz autorzy znaleźli możliwość poszerzenia i udoskonalenia stosowanych obecnie rozwiązań odbioru ciepła i chłodu z gruntu, a tym samym optymalizacji pracy całego układu. Dotyczy to szczególnie przypadków, gdzie jest ograniczona powierzchnia obok obiektu, na przykład domku jednorodzinnego, ale też obiektu przemysłowego, hali, biurowca czy szkoły, przez co nie ma możliwości zastosowania GWC o zwiększonej powierzchni, w której następuje wymiana cieplna powietrza z gruntem. Zastosowanie rozwiązania według wynalazku polepsza cały uzysk ciepła i chłodu z gruntu bez potrzeby zwiększania powierzchni GWC i zdecydowanie wpływa na efektywność ekonomiczną wymiennika.

Dzięki zastosowaniu systemu recyrkulacji, następuje zwiększenie ilości powietrza przepływającego przez kanał/y powietrzny/e GWC, w których następuje wymiana cieplna powietrza z gruntem, przy niezmiennym przekroju i powierzchni GWC, co powoduje znaczne (proporcjonalne) zwiększenie prędkości przepływu powietrza ponad gruntem, a tym samym znaczne zwiększenie współczynnika przejmowania ciepła/chłodu z gruntu do transportowanego powietrza, co powoduje polepszoną wymianę cieplną, a tym samym lepsze podgrzanie powietrza zewnętrznego w okresie chłodnym i lepsze schłodzenie powietrza zewnętrznego w okresie ciepłym. Efekt ten jest jeszcze lepszy w korzystnym wariantcie rozwiązania, to jest przy częściowym zawilgoceniu gruntu i podniesieniu w ten sposób współczynnika przewodności cieplnej.

Zaletą tego rozwiązania jest prostota wykonania oraz pewność działania i niewielki relatywnie koszt wprowadzonej modyfikacji, który w stosunku do kosztów całego wymiennika stanowić będzie zaledwie około 5–7%. Podczas gdy zyski ekonomiczne po wprowadzeniu wspomnianej modyfikacji będą bardzo duże, co wynika z faktu zwiększenia współczynnika efektywności COP, który w dotychczasowych GWC oscylować może przy wartości około 20, a po wprowadzeniu rozwiązania według wynalazku jego wartość może wzrosnąć nawet do ponad 33, co wykazały badania i obliczenia autorów na bazie danych pomiarowych i współczynników przejmowania ciepła.

Optymalizacja w zakresie pobierania ciepła i chłodu z gruntu realizowana będzie poprzez trzy podstawowe elementy:

a) Czasowe podnoszenie prędkości przepływu powietrza.

W gruntowym wymienniku ciepła podnoszenie prędkości przepływu powietrza powoduje wzrost odbioru ciepła lub chłodu, a szczególnie korzystne jest to w przypadku bezprzeponowego gruntowego wymiennika ciepła, zwłaszcza z systemem nawilżania, gdzie współczynnik odbioru ciepła lub chłodu wzrośnie istotnie w wyniku wcześniejszego nawilgocenia złoża, a tym samym zwiększeniu jego pojemności cieplnej, a szczególnie zwiększeniu przewodności cieplnej złoża. Jest to o tyle istotne, że większa pojemność cieplna (chłodnicza) złoża przy wyższym współczynniku przewodzenia ciepła powoduje większą możliwość odbioru ciepła (chłodu) akurat w czasie, kiedy jest to najbardziej potrzebne. Włączenie kanału obejściowego (by-pass) z wentylatorem obejściowym nie powoduje zwiększenia ilości powietrza w samym GWC, a tylko zwiększenie prędkości strumienia powietrza w kanale/ach powietrznym/ch wymiennika.

b) Recyrkulację powietrza w GWC.

Po otwarciu przepustnicy i włączeniu wentylatora obejściowego następuje recyrkulacyjny ruch powietrza, to jest część powietrza wylotowego z GWC kierowana jest przez kanał obejściowy z powrotem do kolektora rozpraszającego GWC. Powietrze, które już w poprzednim obiegu zostało schłodzone lub ogrzane, dzięki recyrkulacji będzie poddane dodatkowemu procesowi ochładzania w okresie ciepłym lub dogrzewania w okresie chłodnym. Sterowanie tym procesem i jego czasem odbywać się będzie z wykorzystaniem czujnika temperatury powietrza wylotowego z GWC. Po dodatkowym ochłodzeniu lub dogrzaniu powietrza do wymaganej wartości układ automatyki po otrzymaniu sygnału z czujnika temperatury spowoduje wyłączenie wentylatora obejściowego i zamknięcie przepustnicy. A zatem praca wentylatora obejściowego nie będzie ciągła, a jedynie cykliczna. Czas pracy układu obejściowego można regulować w zależności od pory roku i pożądaných przez użytkownika temperatur powietrza dostarczanego do docelowego miejsca. Takie rozwiązania z czujnikiem temperatury pracują bez udziału użytkownika niezawodnie przez wiele lat. Na użytkowniku spoczywa jedynie obowiązek ustawienia odpowiedniej temperatury w systemie „załącz” – „wyłącz” przed sezonem chłodnym (grzewczym) lub przed sezonem ciepłym.

c) Podniesienie przewodności cieplnej i pojemności cieplnej złoża gruntowego wymiennika ciepła poprzez nawilżenie złoża.

Proces nawilżania złoża przeprowadza się zwykle jesienią, przed okresem zimowym i późną wiosną, to jest na okres lata dla uzyskania chłodu. Skuteczność zabiegu nawilżania złoża autorzy wynalazku potwierdzili podczas prowadzenia własnych badań oraz w wyniku analizy danych literaturowych o własnościach fizycznych gruntu. Dla przykładu w publikacji: Marian Rubik, Pompy Ciepła – Poradnik – Wydanie III Rozszerzone – Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”, Warszawa 2006, mówiącej między innymi o własnościach gruntu dla doboru pomp ciepła podano, że moc cieplna gruntu wynosi na przykład:

1. Grunt suchy, piaszczysty - $q_e = 10\text{--}15 \text{ W/m}^2$
2. Nasycony wodą piasek i żwir - $q_e = 30\text{--}40 \text{ W/m}^2$.

Jak z tego widać zawilgocenie gruntu ma istotny wpływ na przewodność cieplną.

Rozwiązanie według niniejszego wynalazku dedykowane jest głównie na okresy niskich temperatur zewnętrznych (do ogrzewania powietrza) oraz wysokich temperatur zewnętrznych (do chłodzenia powietrza). Zwiększenie temperatury wylotowej powietrza z GWC w okresie chłodnym (zimą) o kilka °C (o ponad 2°C) znacząco pomoże w bilansie cieplnym systemu instalacji wentylacji mechanicznej z rekuperatorem i zapewnieniu wyższej temperatury nawiewu powietrza do pomieszczeń, szacunkowo właśnie o tą wyższą temperaturę. Jeszcze większy efekt temperaturowy osiągnie się w dni upalne. Dzięki zgłaszanemu rozwiązaniu obniżyć będzie można temperaturę powietrza po przejściu przez GWC o ponad 3°C. To znacząco zwiększy komfort użytkowników i ograniczy koszty chłodu wytwarzanego dla klimatyzacji. Zakres i czas włączania tego dodatkowego wentylatora obejściowego uzależniony będzie

od nastawionych w układzie automatyki temperatur, to jest temperatury zewnętrznej i temperatury mierzonej przez czujnik temperatury powietrza wylotowego z GWC.

Układ według wynalazku został bliżej przedstawiony na poniższych przykładach wykonania oraz na rysunku, na którym fig. 1 ukazuje układ gruntowego powietrznego wymiennika ciepła w wariacie z pojedynczym modułem wymiennika ciepła i z systemem nawilżania kropelkowego, fig. 2 – układ gruntowego powietrznego wymiennika ciepła w wariacie z pojedynczym modułem wymiennika ciepła i z systemem zamgławiania, natomiast fig. 3 – układ gruntowego powietrznego wymiennika ciepła w wariacie z wieloma szeregowo połączonymi ze sobą modułami wymiennika ciepła i z systemem zamgławiania.

Przykład 1

Układ gruntowego powietrznego bezprzeponowego wymiennika ciepła przedstawiony na fig. 1 rysunku, zawierający jeden moduł wymiennika ciepła, który to moduł zawiera moduł wymiany powietrza z gruntem, mający postać płyty wykonanej poprzez termoforowanie, z wykonanymi w niej kanałami powietrznymi 7, w których następuje wymiana cieplna transportowanego powietrza z gruntem, mającymi w przekroju poprzecznym kształt połowki koła, a moduł wymiany powietrza zawierający kanały powietrzne 7 jest połączony z jednej strony z kolektorem rozprowadzającym 6, a z drugiej strony z kolektorem zbierającym 8, przy czym kolektor rozprowadzający 6 z jednej strony jest zaślepiony, a z drugiej strony jest połączony kanałem dolotowym 5 z czerpnią 1 powietrza, natomiast kolektor zbierający 8 z jednej strony jest zaślepiony, a z drugiej strony połączony jest kanałem wylotowym 9 z układem transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru. Moduł wymiennika ciepła wyposażony jest w kanał obejściowy 10, który z jednej strony połączony jest z kanałem wylotowym 9, a z drugiej strony z kanałem dolotowym 5, ponadto w kanale obejściowym 10 zamontowane są wentylator obejściowy 3 oraz przepustnica 4 z napędem elektrycznym. Kanał obejściowy 10 połączony jest z kanałem dolotowym 5 za pomocą trójnika 12', a z kanałem wylotowym 9 za pomocą trójnika 12''.

Kanał dolotowy 5 łączący kolektor rozprowadzający 6 z czerpnią powietrza 1 zbudowany jest z dwóch odcinków połączonych ze sobą za pomocą trójnika 12', z których pierwszy to kanał stanowiący przedłużenie kolektora rozprowadzającego, a drugi to kanał doprowadzający 5' wyprowadzony z czerpni 1, przy czym z trzecią odnogą trójnika 12' połączony jest kanał obejściowy 10. Kanał wylotowy 9 łączący kolektor zbierający 8 z układem transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru zbudowany jest z dwóch odcinków połączonych ze sobą za pomocą trójnika 12'', z których pierwszy to kanał stanowiący przedłużenie kolektora zbierającego, a drugi to kanał odprowadzający 9' doprowadzony do układu transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru, przy czym z trzecią odnogą trójnika 12'' połączony jest kanał obejściowy 10.

Kolektory rozprowadzający 6 i zbierający 8 wykonane są z całych rur o pełnym obwodzie, przy czym w ich dolnej części wykonane są otwory służące odprowadzaniu do gruntu kondensatu skroplonej wody.

Wszystkie kanały, przez które transportowane jest powietrze, posiadają wewnętrzną powłokę antybakteryjną, którą stanowi warstwa nanocząsteczek srebra, wtopiona w procesie koekstruzji w powłokę wewnętrzną danego kanału transportu powietrza.

Moduł wymiennika ciepła wyposażony jest w moduł 13 kropelkowego nawilżania złoża zawierający układ rurek zamontowanych w kanałach powietrznych 7, ułożonych w kształcie wężownicy, przy czym w rurkach wykonane są otwory wylotowe cieczy nawilżającej.

Moduł wymiennika ciepła wyposażony jest w układ 15 automatycznego sterowania otwarciem/zamknięciem przepustnicy 4 oraz włączaniem/wyłączaniem wentylatora obejściowego 3, wyposażony w czujnik temperatury powietrza wylotowego z modułu wymiennika ciepła. W kanale wylotowym 9, pomiędzy miejscem połączenia tego kanału z kanałem obejściowym 10 a układem transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru zabudowane jest urządzenie odciągowe powietrza w postaci wentylatora wylotowego 2.

Zasada działania układu:

Powietrze zewnętrzne pobierane przez czerpnię 1 w ilości nominalnej V_n zasysane jest kanałem dolotowym 5 do kolektora rozprowadzającego 6, a następnie do kanałów powietrznych 7, a za nimi do kolektora zbierającego 8, z którego wyprowadzane jest do kanału wylotowego 9. Poprzez trójnik 12' i kanał obejściowy 10, z wykorzystaniem wentylatora 3, z kanału wylotowego 9 pobierane jest powietrze w ilości V_a stanowiącej od 20 do 60% nominalnej ilości powietrza V_n jaka wychodzi z kanału wylotowego 9 i wprowadzane jest z powrotem poprzez trójnik 12' do kanału dolotowego 6. Powietrze z trójnika 12', w ilości $V_n + V_a$ przechodzi następnie do kolektora rozprowadzającego 6 i kanałów powietrznych 7. W ten sposób przez kanały powietrzne 7 gruntowego wymiennika ciepła przepływa o 20 do 60% więcej

powietrza niż nominalnie wychodzi z GWC. Powietrze w ilości $V_n + V_a$ zbierane jest do kolektora zbiorczego **8** i transportowane kanałem wylotowym **9** do trójnika **12''**, skąd ponownie część powietrza z powrotem kieruje się na kanał obejściowy **10**, a nominalną ilość tłoczy się do układu transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru. Przed wentylatorem obejściowym **3** umieszczona jest przepustnica **4** z napędem elektrycznym. Układ **15** automatycznego sterowania zapewnia, że przy załączeniu wentylatora **3** otwiera się przepustnica **4**. Przez długie okresy czasu system obejściowy nie pracuje, to jest wentylator **3** nie pracuje, a przepustnicą **4** jest zamknięta, z uwagi na brak konieczności optymalizacji w okresach neutralnych temperaturowo. Układ wykorzystywany jest głównie w momentach zwiększonego zapotrzebowania na odbiór ciepła (w okresie chłodnym) lub chłodu (w okresie ciepłym) i to wtedy, w przypadku przekroczenia założonych wartości temperatury powietrza mierzonych za wymiennikiem załącza się wentylator i otwiera się przepustnica, uruchamiając tym samym system recyrkulacji części transportowanego przez wymiennik powietrza.

Przykład 2

Układ gruntowego powietrznego bezprzeponowego wymiennika ciepła przedstawiony na fig. 2 rysunku, który różni się od wariantu przedstawionego w przykładzie 1 tym, że zamiast modułu **13** kropelkowego nawilżania złoża zawierającego układ rurek zamontowanych w kanałach powietrznych **7**, zawiera moduł **14** zamgławiania powietrza, podłączony do układu w taki sposób, by dysze zamgławiające wprowadzały mgiełkę cieczy nawilżającej do kanału dolotowego **5**, pomiędzy czerpnię **1** powietrza a wlotem kanału obejściowego **10**.

Przykład 3

Układ gruntowego powietrznego bezprzeponowego wymiennika ciepła przedstawiony na fig. 3 rysunku, który różni się od wariantu przedstawionego w przykładzie 1 tym, że zamiast jednego modułu wymiany powietrza z gruntem, zawiera kilka takich modułów wymiennika ciepła, a wszystkie moduły połączone są ze sobą szeregowo w taki sposób, że kanał wylotowy **9** każdego z nich dołączony jest do wspólnego kanału zbiorczego **11** stanowiącego element układu transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru.

Przykład 4

Układ gruntowego powietrznego przeponowego wymiennika ciepła przedstawiony na fig. 3 rysunku, który różni się od wariantu przedstawionego w przykładzie 3 tym, że zamiast modułów wymiany powietrza z gruntem, mających postać płyt wykonanych poprzez termoformowanie, z wykonanymi w nich kanałami powietrznymi **7**, zawiera kanały powietrzne **7** w postaci rur o pełnym obwodzie.

Przykład 5.

Celem wykazania efektywności optymalizacji wymiany cieplnej powietrza z gruntem w układzie gruntowego powietrznego wymiennika ciepła według wynalazku w niniejszym przykładzie opisano wpływ zmian prędkości przepływu powietrza w gruntowych, powietrznych wymiennikach ciepła na liczby kryterialne i współczynnik przejmowania ciepła α (współczynnik wnikania ciepła α).

1. Podstawa obliczeń.

Do obliczeń przyjęto dane konstrukcyjne konkretnego GWC stosowanego na rynku, w którym zastosowano moduł wymiany powietrza z gruntem opisany w przykładzie 1, mający postać płyty wykonanej poprzez termoformowanie, z wykonanymi w niej kanałami powietrznymi **7**, o wymiarach płyty 1200 x 2100 mm. Takie założenie jest niezbędne, ponieważ inaczej nie da się policzyć danych wyjściowych kanału, którym płynie powietrze, takich jak przekrój **F**, obwód zwilżony **O**, czy średnica równoważna **de**, a bez nich nie da się policzyć liczb kryterialnych i w efekcie współczynnika przejmowania (wnikania) ciepła α . Moduł wymiany powietrza z gruntem ma osiem oddzielnych kanałów powietrznych **7** w postaci połówek rur o średnicy 0,11 m.

Powierzchnia przekroju **F** jednej połówki rury $F = 0,0047 \text{ m}^2$.

Obwód zwilżony $O = 0,1727 + 0,11 = 0,2827 \text{ m}$.

Średnica ekwiwalentna (zastępcza) – **de**

$$de = \frac{4F}{O} = \frac{4 * 0,0047 \text{ M}^2}{0,2827 \text{ M}} = 0,0668 \text{ m}$$

2. W obliczeniach zastosowano znane wzory na liczby kryterialne określające przepływ powietrza w warunkach atmosferycznych, tj:

Liczbę Reynoldsa –
$$Re = \frac{g * dr}{\eta}$$

gdzie:

g – prędkość masowa $g = W * \gamma$

W – prędkość omywania ścianek przez przepływające powietrze – m/s

γ – gęstość powietrza – kg/m³

d_r – średnica (lub średnica równoważna - d_e) - m

η – lepkość dynamiczna powietrza – Pa * s

Liczbę Pecleta – $Pe = \frac{C_p * \eta}{\lambda}$

gdzie:

C_p – ciepło właściwe powietrza – kJ/kg * K

η – lepkość dynamiczna powietrza – Pa * s

λ – współczynnik przewodności cieplnej powietrza – W/m * K

Liczbę Prandtla – $Pr = \frac{Pe}{Re}$

Liczba Prandtla dla 1 Atm w zakresie temperatur powietrza 0–100°C wynosi 0,722. Dla obliczenia współczynnika przejmowania ciepła od gruntu do powietrza trzeba jeszcze obliczyć liczbę Nusselta – Nu. Podstawowe równanie na współczynnik wnikania ciepła α przy przepływie wymuszonym burzliwym ma postać:

$$Nu = C * Re^A * Pr^B, \text{ a } \alpha = \frac{\lambda_{pow}}{d_e} Nu$$

Równanie na liczbę Nusselta – Nu sprowadza do jednej postaci ogólnej wszystkie podobne przypadki wnikania ciepła bez względu na własności czynnika oraz kształt przekrojów przepływów. Dzięki teorii podobieństwa sprecyzowanie tego związku dla różnych przypadków szczegółowych upraszcza się do wyznaczenia tylko stałej **C** i wykładników **A** i **B**.

Dla rozpatrywanego przypadku, po stwierdzeniu ruchu burzliwego przepływu ($Re > 2100$) stałą **C = 0,023** oraz wykładniki **A = 0,8** i **B = 0,4** dobrano z tablicy 3-2 (str. 178 książki – INŻYNIERIA CHEMICZNA – Ruch ciepła i wymienniki, Tadeusz Hobler, Wydawnictwa Naukowo Techniczne Warszawa 1968r. Po obliczeniu liczby Nusselta można obliczyć współczynnik przejmowania ciepła

$$\alpha = \frac{\lambda_{pow}}{d_e} Nu.$$

W obliczeniach przyjmowano stałe parametry powietrza jak poniżej:

$$\rho_{pow} = 1,206 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 17,424 * 10^{-6} \text{ Pa * s}$$

$$\lambda_{pow} = 2,45 * 10^{-2} \text{ W/mK}$$

$$d_e = 0,0668 \text{ m}$$

$$Pr = 0,722.$$

W poniższej tabeli 1 podano obliczone według powyższych wzorów i danych zmiany liczb krytycznych, po zmianie prędkości przepływu z W1 do W2 dla różnych prędkości.

W1 – prędkość przepływu powietrza w GWC przed zastosowaniem rozwiązania według wynalazku, to jest układu z kanałem obejściowym,

W2 – prędkość przepływu powietrza w GWC po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku, to jest układu z kanałem obejściowym.

Tabela 1

W1 m/s	W2 m/s	Re1	Re2	Nu1	Nu2	α 1 W/mK	α 2 W/mK	$\frac{\alpha \text{ skor}}{W/mK}$	α 2 ----- α 1	$\frac{\alpha \text{ skor}}{\alpha \text{ 1}}$ Teoret.	$\alpha \text{ skor}$ * 0,6 Spodz.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1,2	1,8	5548	8321	18,0	24,96	6,6	9,1	14,52	1,38	2,2	1,72
1,5	2,25	6935	11442	21,57	32,2	7,9	11,8	17,38	1,48	2,2	1,72

Dla obliczenia skorygowanego współczynnika przejmowania ciepła α skoryg. (czyli teoretycznego) przyjmuje się średniomiesięczną różnicę temperatury pomiędzy temperaturą wyjściową powietrza z GWC a temperaturą powietrza zewnętrznego. Oblicza się teoretyczny α skoryg. dla reprezentatywnych pomiarów w miesiącu grudniu 2014 r. i lipcu 2015 r. Różnica temperatur w grudniu 2014 r. wyniosła 7,2°C, natomiast w lipcu 2015 r. – 6,0°C. Dla tych dwóch miesięcy wykazujących najwyższą różnicę średnią całomiesięczną oblicza się α skoryg., które oznacza teoretyczny wzrost współczynnika wnikańa po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku.

Zasada obliczania i oznaczania:

V_n – nominalna ilość powietrza zewnętrznego pobierana przez czepnię i odbierana do systemu wentylacyjnego – tutaj z pomiarów $V_n = 600 \text{ m}^3/\text{h}$,

V_{ob} – ilość powietrza pobierana przez wentylator obejściowy – tutaj założono $V_{ob} = 0,5 V_n = 0,5 * 600 = 300 \text{ m}^3/\text{h}$,

V_{gwc} – ilość powietrza przepływająca przez GWC $V_{gwc} = V_n + V_{ob} = 600 + 300 = 900 \text{ m}^3/\text{h}$.

α_1 – współczynnik przejmowania ciepła przed zastosowaniem rozwiązania według wynalazku przy prędkości przepływu powietrza w GWC $W_1 = 1,5 \text{ m/s}$ obliczony na podstawie powyższych danych konstrukcyjnych i parametrów powietrza przy $W_1 = 1,5 \text{ m/s}$ wynosi $\alpha_1 = 7,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (tabela 1)

α_2 – współczynnik przejmowania ciepła po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku, dla pierwszego obiegu – $V_{ob} = 0,5 V_n$

$\alpha_3 = \alpha$ skoryg.

Teoretyczny współczynnik przejmowania ciepła wynikający ze sposobu pracy kanału obejściowego z wentylatorem obejściowym.

$$\alpha_2 = \frac{V_n(t_2 - t_1) * \alpha + 0,5V_n(t_2 - t_1) * \alpha * \alpha}{(V_n + 0,5V_n) * (t_2 - t_1)} = \frac{600 * 7,2 * 1,48 + 0,5 * 600 * 7,2 * \alpha * \alpha}{(600 + 0,5 * 600) * 7,2}$$

$$\alpha_2 = \frac{6393,6 + 4730,4}{6480} = 1,72$$

Trzeci nawrót

$$\alpha_3 = \alpha \text{ skoryg.} = \frac{V_n(t_2 - t_1) * \alpha + 0,5V_n(t_2 - t_1) * \alpha * \alpha + 200 * \alpha * \alpha}{(V_n + 0,5V_n) * (t_2 - t_1)}$$

$$\alpha \text{ skoryg.} = \frac{600 * 7,2 * 1,48 + 300 * 7,2 * 1,48 * 1,48 + 200 * 1,48 * 1,48}{(600 + 0,5 * 600) * (7,2)} = \frac{888 + 657 + 438}{900} =$$

$$\alpha \text{ skoryg.} = \frac{1983}{900} = 2,2 \alpha_1$$

Oblicza się α skoryg. dla miesiąca lipca 2015 r., kiedy średnia różnica pomiędzy temperaturą zewnętrzną powietrza a temperaturą powietrza za GWC wyniosła – 6°C.

$$\alpha_3 = \alpha \text{ skoryg.} = \frac{V_n(t_2 - t_1) * \alpha + 0,5V_n(t_2 - t_1) * \alpha * \alpha + 0,33V_n * \alpha * \alpha}{(V_n + 0,5V_n) * (t_2 - t_1)}$$

$$\alpha \text{ skoryg.} = \frac{600 * 6 * 1,48 + 0,5 * 600 * 6 * \alpha * \alpha + 0,33 * 600 * \alpha * \alpha}{(600 + 0,5 * 600) * 6}$$

$$\alpha \text{ skoryg.} = \frac{888 + 657 + 438}{900} = \frac{1983}{900} = 2,2 \alpha_1$$

Z obliczeń dla zimy i lata wynika, że współczynnik przejmowania ciepła jest tylko funkcją kształtu kanału powietrznego GWC i warunków przepływu powietrza, w tym głównie prędkości powietrza i parametrów przepływającego powietrza (temperatura, lepkość dynamiczna, współczynnik przewodności powietrza). Wynika z tego, że podgrzewanie powietrza zewnętrznego w GWC zimą i ochładzanie powietrza zewnętrznego (lub recykulacyjnego) latem przebiega według tych samych reguł termodynamicznych. Teoretyczna granica zwiększenia współczynnika przejmowania ciepła (chłodu) z gruntu do powietrza wynosi 120%, to jest od 100 do 220% - $\alpha = 2,2$.

Biorąc pod uwagę warunki brzegowe i ogólną sprawność układu, zakłada się, że ze 120% wzrostu współczynnika przejmowania ciepła, może nastąpić obniżenie nawet do 40% i realnie pozostanie nowy współczynnik przejmowania ciepła

α **spodz.** w wysokości = $1 + 120 (1 - 0,4) = 1 + 1,2 * 0,6 = 1,72$

α **spodz.** w wysokości **1,72** – po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku jest i tak znacznie wyższe (o 72%) od współczynnika przejmowania ciepła przed zastosowaniem rozwiązania według wynalazku, co jest miarą poziomu technicznego i efektywności wynalazku.

3. Wzrost efektywności energetycznej GWC po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku.

Tabela 2 stanowi tabelę wzrostu efektywności energetycznej GWC po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku.

W kolumnach od 1 do 5 tabeli 2 zamieszczono dane uzyskane z badań.

W kolumnach 6 i 7 zamieszczono zwiększone współczynniki przejmowania ciepła w wyniku zastosowania rozwiązania według wynalazku, pomniejszone mnożnikami 0,8 i 0,6 uwzględniającym warunki brzegowe.

Kolumny 8 i 9 to zwiększony pobór ciepła (chłodu) z gruntu w wyniku zastosowania rozwiązania według wynalazku.

Kolumny 10 i 11 to zwiększona z kolumny 5 różnica temp. powietrza za GWC w wyniku zastosowania rozwiązania według wynalazku.

Kolumna 12 podaje minimalny wzrost temp. Powietrza za GWC w wyniku zastosowania rozwiązania według wynalazku.

Kolumna 13 podaje spodziewany wzrost temp. powietrza za GWC w wyniku zastosowania rozwiązania według wynalazku.

Kolumna 14 podaje maksymalny, wyliczony teoretyczny wzrost temp. powietrza za GWC w wyniku zastosowania rozwiązania według wynalazku.

Tabela 2

Tabela wzrostu efektywności energetycznej GWC po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku dla $F = 30 \text{ m}^2$ i $V1 = 600 \text{ m}^3/\text{h}$

Prędkość $W1 = 1,5 \text{ m/s}$, prędkość $W2 = 2,25 \text{ m/s}$

M- ąc roku	Totocz. °C	T _{gwc} °C	$\Delta T =$ T _{gwc} - Totocz	Średnia miesięczna moc wg badań Q1 - W	α_2 --- α_1 $\times 0,8$	α_{sk} --- α_1 $\times 0,6$	Q2 (α_1) w	Q3 (α_{sk}) w	ΔT dla α_1	ΔT dla α_{sk}	Wzrost T dla α_1 minim. 10 - 4	Wzrost T dla α_{sk} Spodz. 11 - 4	Wzrost T dla α_{sk} max
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	1,5	7,4	5,9	1145	1,384	1,72	1584	1969	7,95	9,9	2,05	4,0	6,7
II	1,9	6,9	5,0	969	1,384	1,72	1541	1666	6,73	8,3	1,73	3,3	5,7
III	6,1	7,8	1,7	339	1,384	1,72	469	583	2,35	2,9	0,65	1,2	2,0
IV	9,7	9,2	-0,6	-109	1,384	1,72	-150	-187	-0,75	-0,94	-0,15	-0,34	-0,6
V	14,5	11,7	-2,8	-549	1,384	1,72	-760	-944	-3,8	-4,74	-1,0	-2,0	-3,2
VI	18,5	13,8	-4,7	-919	1,384	1,72	-1272	-1580	-6,4	-7,93	-1,7	-3,2	-5,4
VII	21,4	15,4	6,0	1160	1,384	1,72	1605	1995	8,05	10,0	2,05	-4,0	6,8
VIII	20,2	16,0	-4,2	-821	1,384	1,72	-1136	-1412	-5,7	-7,1	-1,5	-2,9	-4,8
IX	16,3	15,6	-0,7	-136	1,384	1,72	-188	-234	-0,94	-1,17	-0,24	-0,47	-0,8
X	11,2	14,3	3,1	609	1,384	1,72	843	1047	4,2	5,26	1,1	2,16	3,6
XI	6,6	12,2	5,7	1106	1,384	1,72	1530	1902	7,7	9,55	2,0	3,85	6,5
XII	2,0	9,2	7,2	1398	1,384	1,72	1935	2404	9,7	12,0	2,5	4,8	8,2

4. Współczynniki SEER i SCOP.

Dyrektywa ErP – Dyrektywa 2009/125/WE (ErP – Energy related Products) wprowadza pomiary efektywności sezonowej:

SEER – Sezonowy Współczynnik Efektywności Energetycznej w trybie chłodzenia (Seasonal Energy Efficiency Ratio) w miejsce dotychczasowej EER. Według PN-EN 14825 przyjmuje się okres chłodzenia na 350 godz., a granicę chłodzenia na +16°C.

SCOP – dla trybu grzania Europę podzielono na trzy strefy klimatyczne, przy czym Polskę zaliczono do strefy zimnej (Helsinki) – PN-EN 14825.

SCOP – Współczynnik Sezonowej Efektywności (Seasonal Coefficient of Performance) zastąpił dotychczasowy COP.

Norma narzuca wzory obliczania SEER i SCOP dla Polski.

SEER = (EERTz20°C * 15%) + (EERTz25°C * 33%) + (EERTz30°C * 33%) + (EERTz35°C * 15%)

SCOP = (COPTz-7°C * 61%) + (COPTz2°C * 37%) + (COPTz7°C * 24%) + (COPTz12°C * 11%)

Metodologia obliczeń.

- 1) Dla uzyskania danych według powyższych wzorów narzuconych dla Polski (dla SEER i SCOP) wykonano wykresy liniowe w oparciu o temperatury i moce uzyskane w czasie badań i obliczeń, podane w Tabeli 2.

Wykres 1 – Wykres do obliczania SEER. Wariant A – przed zastosowaniem wynalazku, prędkość powietrza w kanałach GWC W1 = 1,5 m/s.

Wykres 2 – Wykres do obliczania SEER. Wariant B – po zastosowaniu wynalazku, prędkość powietrza w kanałach GWC W2 = 2,25 m/s.

Wykres 3 – Wykres do obliczania SEER. Wariant C – po zastosowaniu wynalazku, prędkość powietrza w kanałach GWC W2 = 2,25 m/s.

Wykres 4 – Wykres do obliczania SCOP. Wariant A – przed zastosowaniem wynalazku, prędkość powietrza w kanałach GWC W1 = 1,5 m/s.

Wykres 5 – Wykres do obliczania SCOP. Wariant B – po zastosowaniu wynalazku, prędkość powietrza w kanałach GWC W2 = 2,25 m/s.

Wykres 6 – Wykres do obliczania SCOP. Wariant C – po zastosowaniu wynalazku, prędkość powietrza w kanałach GWC W2 = 2,25 m/s.

- 2) Z wykresów pobierano dane wskazane we wzorach, dla danej temperatury referencyjnej.
- 3) Obliczenia wykonano dla stanu przed i po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku.
- 4) Obliczenia zamieszczono w poniższych tabelach 3 i 4 wraz z podaniem poniżej szczegółowego obliczenia.
- 5) Najwyższa Klasa efektywności energetycznej według przepisów wynosi:
 - a) A+++ dla SEER ≥ 8,5
 - b) A+++ dla SCOP ≥ 5,1.
- 6) Współczynniki efektywności energetycznej zamieszczone w tabelach 3 i 4 dla chłodu i grzania, dla rozwiązania gruntowych powietrznych wymienników ciepła zarówno przed, a przede wszystkim po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku znacząco (a nawet wielokrotnie) przewyższają wartości najwyższej klasy A+++; a więc są zdecydowanie najlepszym źródłem pozyskiwania chłodu i ciepła z odnawialnego źródła energii, jakim jest ziemia.

Obliczenia **SEER** dla rozwiązania **A** – GWC przed zastosowaniem rozwiązania według wynalazku oraz rozwiązania **B** i **C** po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku w oparciu o dane z badań

$$EERTz = \frac{Q_{chf}}{P_{el}} \quad SEER = [EERTz20 * 0,15] + [EERTz25 * 0,33] + [EERTz30 * 0,33] + [EERTz35 * 0,15]$$

Tabela 3

Lp	Nr wyk	$\alpha 2$	αsk	Qchł	Qchł	Qchł	Qchł	Qchł	Qchł	Qchł	SEER	Uwagi
		$\alpha 1$	$\alpha 1$	18,5° W	20,2° W	21,4° W	EER 20°C	EER 25°C	EER 30°C	EER 35°C		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	A	1	--	919	821	1160	950	2050	3200	4300		
							5,28	11,39	17,78	23,88	13,99	Sil.180W
2	B	1,384	--	1272	1136	1605	1080	2560	4050	5500		Silniki
							11,36	26,95	42,63	57,89	33,32	80+15W
3	C	--	1,72	1580	1412	1995	2380	3000	4700	6600		Silniki
							25,0	31,57	49,47	69,47	40,9	80+15W

Obliczenia SEER dla tabeli 3

$$EER_{tz} = \frac{Q_{chł}}{P_{el}} \quad SEER = [EER_{tz20} * 0,15] + [EER_{tz25} * 0,33] + [EER_{tz30} * 0,33] + [EER_{tz35} * 0,15]$$

A – SEER dla aktualnego układu powietrznego GWC przy prędkości powietrza w przewodach GWC – W1 = 1,5 m/s $\alpha 1 = 1,0$

$$SEER = [5,28 * 0,15] + [11,39 * 0,33] + [17,78 * 0,33] + [23,88 * 0,15] = 0,79 + 3,76 + 5,86 + 3,58 = 13,99$$

SEER_A = 13,99

B – SEER dla układu powietrznego GWC po wprowadzeniu wynalazku, przy zwiększonej prędkości przepływu powietrza w kanałach GWC do prędkości W2 = 2,25 m/s (wzrost o 50%) $\alpha 2/\alpha 1 = 1,384$

$$SEER = [11,36 * 0,15] + [26,95 * 0,33] + [42,63 * 0,33] + [57,89 * 0,15] = 1,70 + 8,89 + 14,05 + 8,68 = 33,32$$

SEER_B = 33,32

C – SEER dla układu powietrznego GWC po wprowadzeniu wynalazku, przy zwiększonej prędkości przepływu powietrza w kanałach GWC do prędkości W2 = 2,25 m/s (wzrost o 50%) $\alpha 2/\alpha 1 = 1,72$

$$SEER = [25,0 * 0,15] + [31,57 * 0,33] + [49,47 * 0,33] + [69,47 * 0,15] = 3,75 + 10,41 + 16,32 + 10,42 = 40,9$$

SEER_C = 40,9

Obliczenia **SCOP** dla rozwiązania **A** przed zastosowaniem rozwiązania według wynalazku oraz rozwiązania **B** i **C** po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku w oparciu o dane z badań.

$$COP_{tz} = \frac{Q_t}{P_{el}} \quad SCOP = [COP_{tz-7} * 0,61] + [COP_{tz2} * 0,37] + [COP_{tz7} * 0,24] + [COP_{tz12} * 0,11]$$

Tabela 4

Lp	Nr wyk	$\alpha 2$	αsk	Qt	Qt	Qt	Qt	Qt	Qt	Qt	Qt	SCO P	Uwagi
		$\alpha 1$	$\alpha 1$	-7,0° W	2,0° W	7,0° W	12,0° W	COP -7,0°	COP 2°C	COP 7°C	COP 12°C		
1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13
1	A	1	--		1398	1106	609	2600	1520	1000	500		Silnik
								14,4	8,44	5,55	2,78	13,53	180W
2	B	1,38	--		1935	1530	843	3550	2150	1380	680		Silnik
								37,4	22,6	14,5	7,16	35,43	80+15W
3	C	--	1,72		2404	1902	1047	4400	2700	1750	850		Silnik
								46,3	28,4	18,4	8,9	44,13	80+15W

Obliczenia SCOP dla tabeli 4

$$COP_{tz} = \frac{Q_t}{P_{el}} \quad SCOP = [COP_{tz7} \cdot 0,61] + [COP_{tz2} \cdot 0,37] + [COP_{tz7} \cdot 0,24] + [COP_{tz12} \cdot 0,11]$$

A – SCOP dla aktualnego układu powietrznego GWC przy prędkości powietrza w przewodach GWC $W1 = 1,5 \text{ m/s}$ $\alpha 1 = 1,0$

$$SCOP = [14,4 \cdot 0,61] + [8,44 \cdot 0,37] + [5,55 \cdot 0,24] + [2,78 \cdot 0,11] = 8,78 + 3,12 + 1,33 + 0,30 = 13,53$$

SCOP_A = 13,53

B – SCOP dla układu powietrznego GWC po wprowadzeniu wynalazku, przy zwiększonej prędkości przepływu powietrza w kanałach GWC do prędkości $W2 = 2,25 \text{ m/s}$ (wzrost o 50%) $\alpha 2/\alpha 1 = 1,384$

$$SCOP = [37,4 \cdot 0,61] + [22,6 \cdot 0,37] + [14,5 \cdot 0,24] + [7,16 \cdot 0,11] = 22,81 + 8,36 + 3,48 + 0,78 = 35,43$$

SCOP_B = 35,43

C – SCOP dla układu powietrznego GWC po wprowadzeniu wynalazku, przy zwiększonej prędkości przepływu powietrza w kanałach GWC do prędkości $W2 = 2,25 \text{ m/s}$ (wzrost o 50%) $\alpha 2/\alpha 1 = 1,72$

$$SCOP = [46,3 \cdot 0,61] + [28,4 \cdot 0,37] + [18,4 \cdot 0,24] + [8,9 \cdot 0,11] = 28,24 + 10,5 + 4,41 + 0,98 = 44,13$$

SCOP_C = 44,13

Rozwiązanie według wynalazku umożliwia znaczące zwiększenie pobieranego ciepła lub chłodu z GWC bez konieczności zmiany jego powierzchni. Dzieje się tak w wyniku planowanego przez użytkownika zwiększenia prędkości przepływu powietrza przez GWC, przez co zmianie ulegają termodynamiczne warunki wymiany ciepła wykazane w badaniach oraz potwierdzone obliczeniami.

Do podstawowych zalet wynalazku należą:

- niewielki koszt wykonania układu obejściowego w stosunku do kosztów całego GWC,
- możliwość zastosowania rozwiązania nawet na już istniejących instalacjach powietrznych GWC, poprzez dobudowanie kanału obejściowego z wyposażeniem,
- możliwość łączenia dowolnej ilości modułów w przypadku większych instalacji powietrznych GWC,
- obliczone powyżej współczynniki Sezonowej Efektywności SEER i SCOP, zgodnie z Dyrektywą ErP – Dyrektywa 2009/125/WE oraz PN-EN 14825 wykazują, że przez zastosowanie rozwiązania według wynalazku osiąga się kilkakrotnie wyższe Wskaźniki Efektywności od podanych w przepisach o Najwyższej Klasie, jak poniżej: Najwyższa Klasa Zastosowanie wynalazku

1) Klasa A+++ dla SEER $\geq 8,5$ SEER = 33–40

2) Klasa A+++ dla SCOP $\geq 5,1$ SCOP = 35–44

Z powyższych danych wynika, że efektywność energetyczna pozyskiwania ciepła lub chłodu z powietrznych gruntowych wymienników ciepła po zastosowaniu rozwiązania według wynalazku jest kilkakrotnie wyższa od efektywności urządzeń najwyższej klasy znanych i stosowanych dotychczas.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ gruntowego powietrznego wymiennika ciepła, zawierający co najmniej jeden moduł wymiennika ciepła, który to moduł zawiera co najmniej jeden kanał powietrzny, w którym następuje wymiana cieplna transportowanego powietrza z gruntem, a kanał powietrzny jest połączony z jednej strony z kolektorem rozprowadzającym, a z drugiej strony z kolektorem zbierającym, przy czym kolektor rozprowadzający z jednej strony jest zaślepiony, a z drugiej strony jest połączony kanałem dolotowym z czerpnią powietrza, natomiast kolektor zbierający z jednej strony jest zaślepiony, a z drugiej strony połączony jest kanałem wylotowym z układem transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru, **znamienny tym**, że moduł wymiennika ciepła wyposażony jest w co najmniej jeden kanał obejściowy (10), który z jednej strony połączony jest z kanałem wylotowym (9), a z drugiej strony z kanałem dolotowym (5), ponadto w kanale obejściowym (10) zamontowane są wentylator obejściowy (3) oraz przepustnica (4), korzystnie z napędem elektrycznym, przy czym w wariacie układu z więcej niż jednym modulem wymiennika ciepła moduły te połączone są ze sobą szeregowo w taki sposób, że kanał wylotowy (9) każdego z nich dołączony jest do wspólnego kanału zbiorczego (11) stanowiącego element układu transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru.
2. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że kanał obejściowy (10) połączony jest z kanałem dolotowym (5) za pomocą trójnika (12').
3. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że kanał obejściowy (10) połączony jest z kanałem wylotowym (9) za pomocą trójnika (12'').
4. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że w odmianie wymiennika bezprzeponowego kanał powietrzny (7) utworzony jest poprzez posadowienie na warstwie gruntu płaskiej płyty wymiennika opartej na elementach dystansowych w sposób zapewniający szczelinę dla przepływu powietrza między płaską płytą a gruntem.
5. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że w odmianie wymiennika bezprzeponowego kanał powietrzny (7) stanowi wycinek rury wykonany poprzez cięcie wzdłuż osi podłużnej rury litej albo korugowanej, albo spiralnie zwijanej, lub wykonany poprzez tłoczenie, wtryskiwanie lub termoformowanie, przy czym wycinek rury ma w przekroju poprzecznym kształt wycinka koła lub elipsy, korzystnie połówki koła.
6. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że w odmianie wymiennika bezprzeponowego zawiera moduł wymiany powietrza z gruntem, mający postać płyty wykonanej poprzez tłoczenie, wtryskiwanie lub termoformowanie, z wykonanymi w niej kanałami powietrznymi (7) mającymi w przekroju poprzecznym kształt wycinka koła lub elipsy, korzystnie połówki koła.
7. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że w odmianie wymiennika przeponowego kanał powietrzny stanowi rura lita albo korugowana albo spiralnie zwijana.
8. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że kanał dolotowy (5) łączący kolektor rozprowadzający (6) z czerpnią powietrza (1) zbudowany jest z dwóch odcinków połączonych ze sobą za pomocą trójnika (12'), z których pierwszy to kanał stanowiący przedłużenie kolektora rozprowadzającego, a drugi to kanał doprowadzający (5') wyprowadzony z czerpni (1), przy czym z trzecią odnogą trójnika (12') połączony jest kanał obejściowy (10).
9. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że kanał wylotowy (9) łączący kolektor zbierający (8) z układem transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru zbudowany jest z dwóch odcinków połączonych ze sobą za pomocą trójnika (12''), z których pierwszy to kanał stanowiący przedłużenie kolektora zbierającego, a drugi to kanał odprowadzający (9') doprowadzony do układu transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru, przy czym z trzecią odnogą trójnika (12'') połączony jest kanał obejściowy (10).
10. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że kolektory rozprowadzający (6) i zbierający (8) wykonane są z całych rur o pełnym obwodzie lub z wycinków rur, korzystnie połówek rur, przy czym w wariacie z kolektorami z całych rur, w ich dolnej części wykonane są otwory służące odprowadzaniu do gruntu kondensatu skroplonej wody.
11. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że kanał/y powietrzny/e (7) posiada/ją wewnętrzną powłokę antybakteryjną.
12. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że kanał obejściowy (10) posiada wewnętrzną powłokę antybakteryjną.

13. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że kolektor zbierający (8) i/lub kolektor rozprowadzający (6) posiada wewnętrzną powłokę antybakteryjną.
14. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że kanał dolotowy (5) transportujący powietrze od czerpni (1) powietrza do wymiennika posiada wewnętrzną powłokę antybakteryjną.
15. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że kanał wylotowy (9) transportujący powietrze od wymiennika do układu transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru posiada wewnętrzną powłokę antybakteryjną.
16. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że w wariantcie układu z więcej niż jednym modulem wymiennika ciepła, kanał wspólny zbiorczy (11) posiada wewnętrzną powłokę antybakteryjną.
17. Układ według zastrz. 11 lub 12 ,lub 13, lub 14, lub 15, lub 16 **znamienny tym**, że powłokę antybakteryjną stanowi warstwa nanocząsteczek metalu szlachetnego, zwłaszcza srebra, wtopiona w procesie koekstruzji w powłokę wewnętrzną danego kanału transportu powietrza.
18. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że moduł wymiennika ciepła wyposażony jest w moduł (13) kropelkowego nawilżania złoża zawierający układ rurek zamontowanych w kanałach powietrznym/ch (7), najkorzystniej ułożonych w kształcie wężownicy, przy czym w rurkach wykonane są otwory wylotowe cieczy nawilżającej.
19. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że moduł wymiennika ciepła wyposażony jest w moduł (14) zamgławiania powietrza, podłączony do układu w taki sposób, by dysze zamgławiające wprowadzały mgiełkę cieczy nawilżającej do czerpni (1) lub do kanału dolotowego (5), najkorzystniej pomiędzy czerpnią (1) powietrza a wlotem kanału obejściowego (10).
20. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że moduł wymiennika ciepła wyposażony jest w układ (15) automatycznego sterowania otwarciem/zamknięciem przepustnicy (4) oraz włączaniem/wyłączaniem wentylatora obejściowego (3), wyposażony w czujnik temperatury powietrza wylotowego z modułu wymiennika ciepła.
21. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że w kanale wylotowym (9), pomiędzy miejscem połączenia tego kanału z kanałem obejściowym (10) a układem transportu powietrza do docelowego miejsca odbioru zabudowane jest urządzenie odciągowe powietrza, najkorzystniej wentylator wylotowy (2).

Rysunki

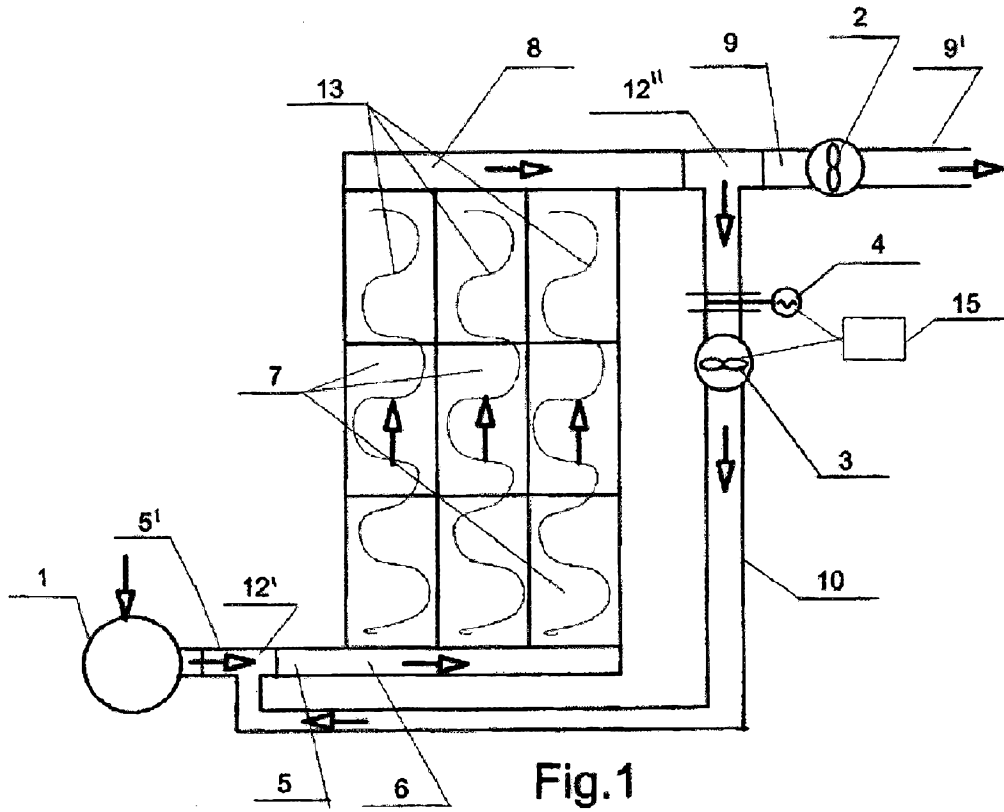


Fig.1

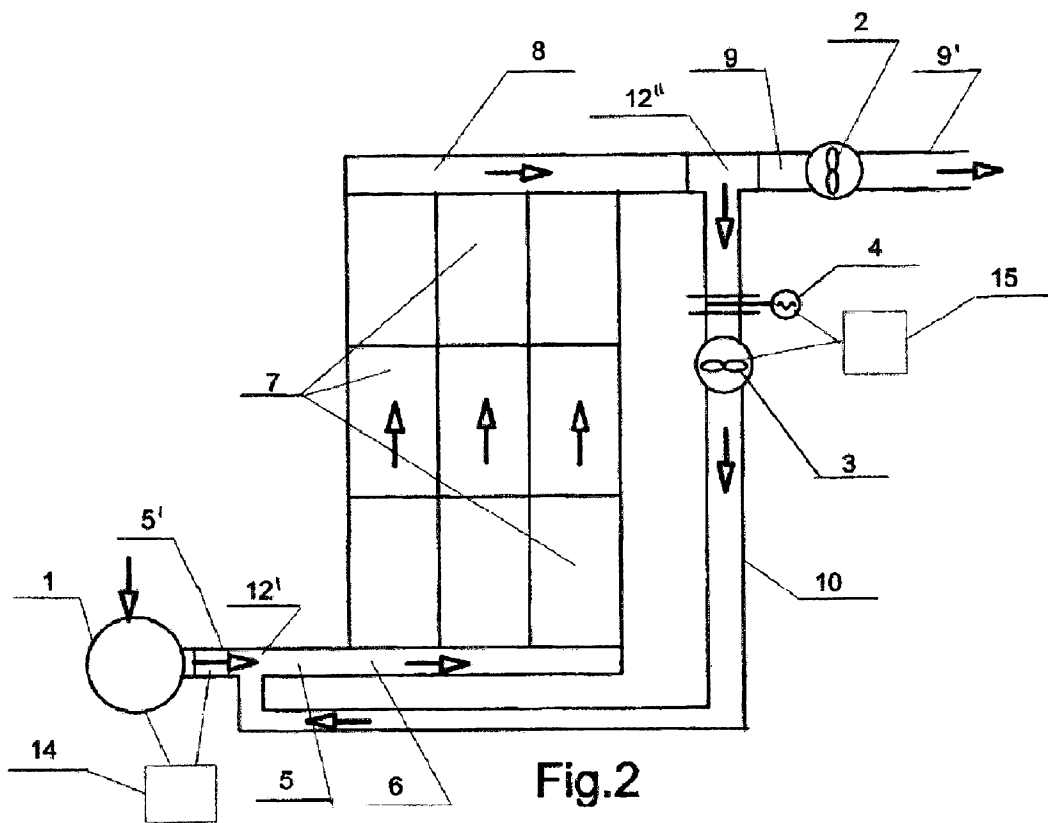


Fig.2

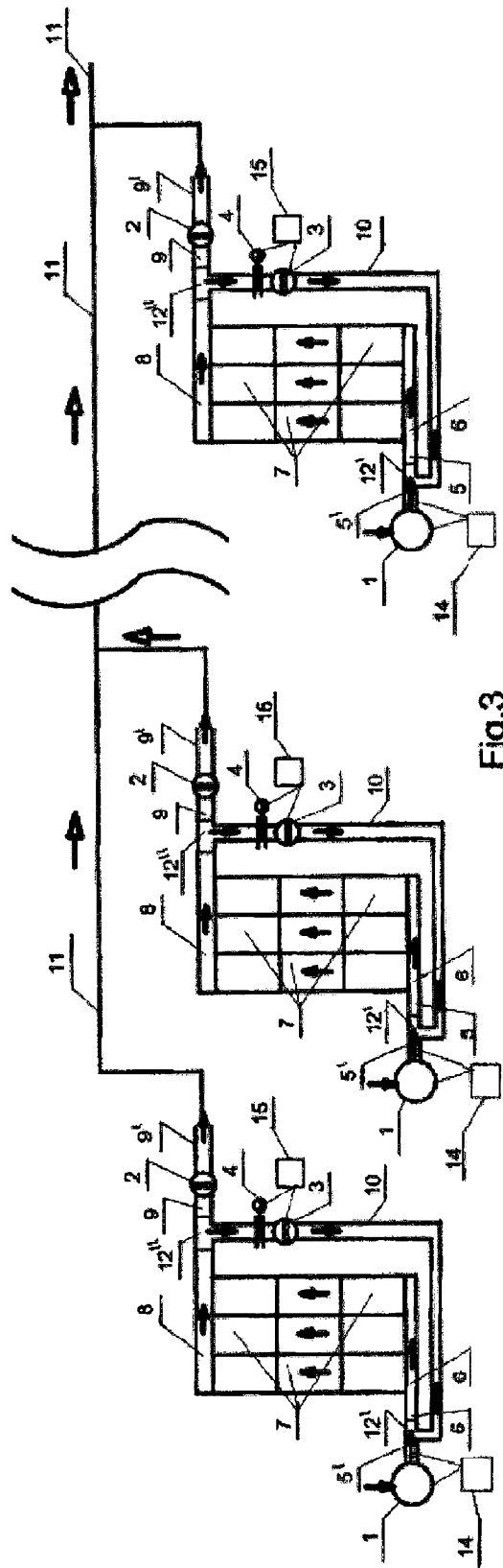
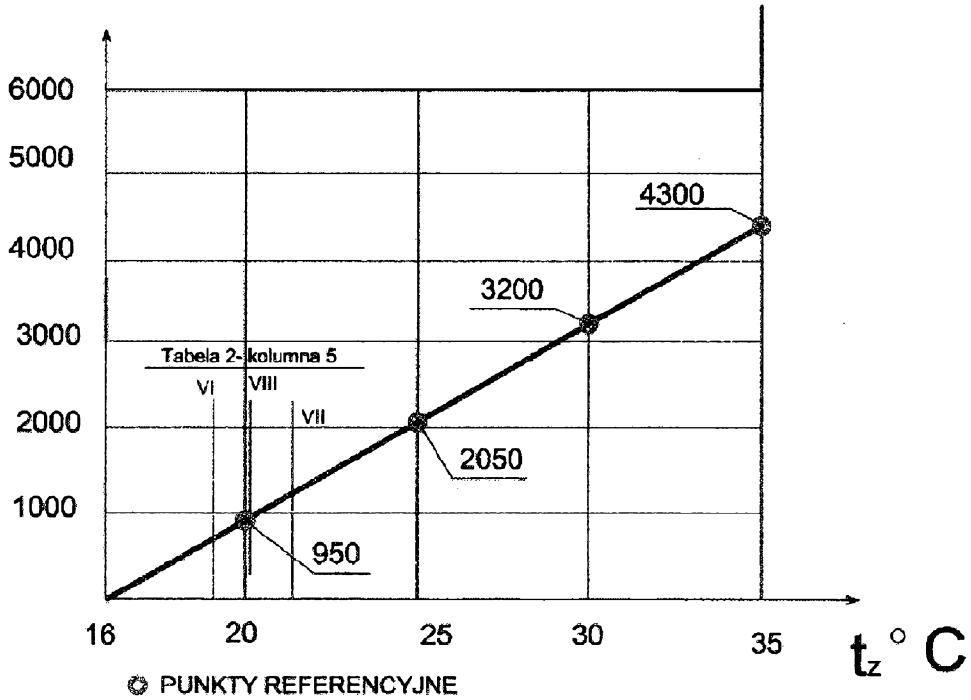


Fig.3

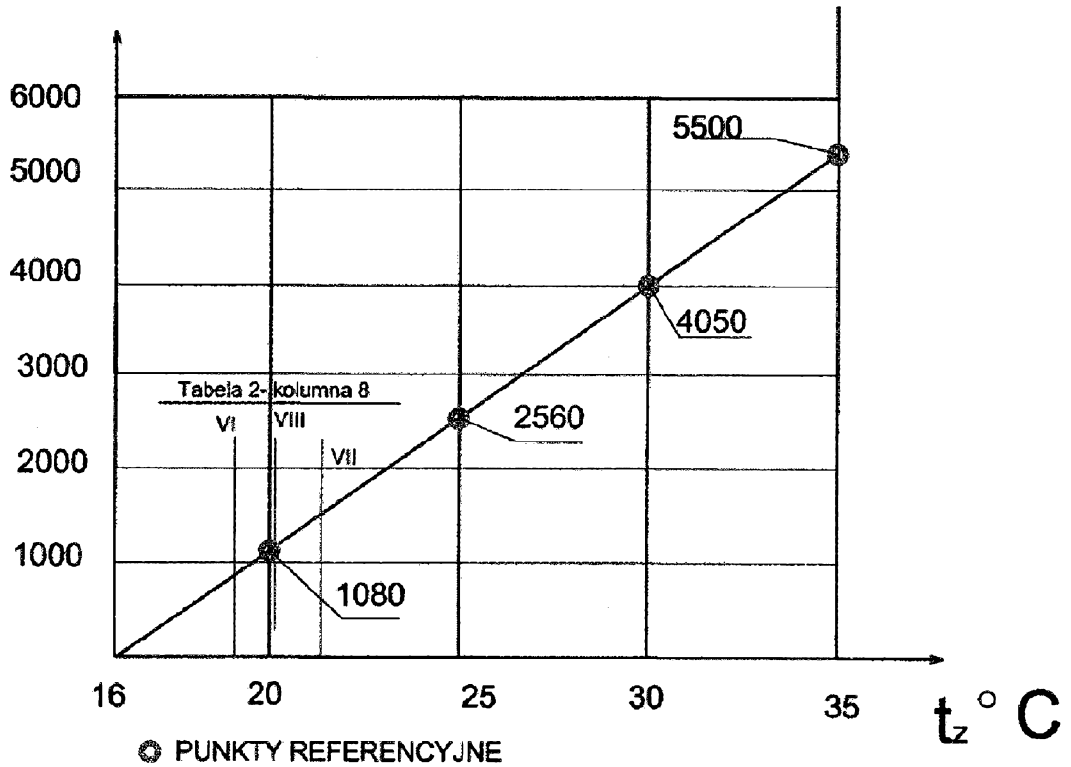
Wykres 1

$Q_{ch} - W$

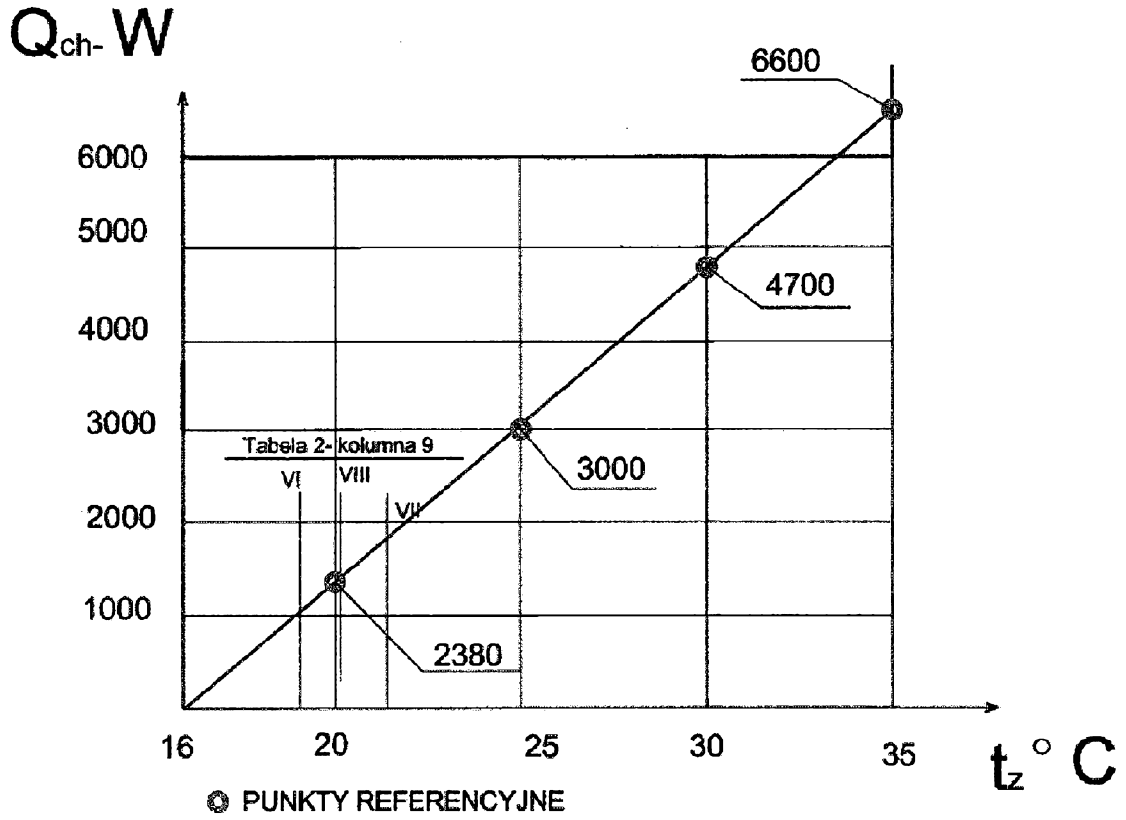


Wykres 2

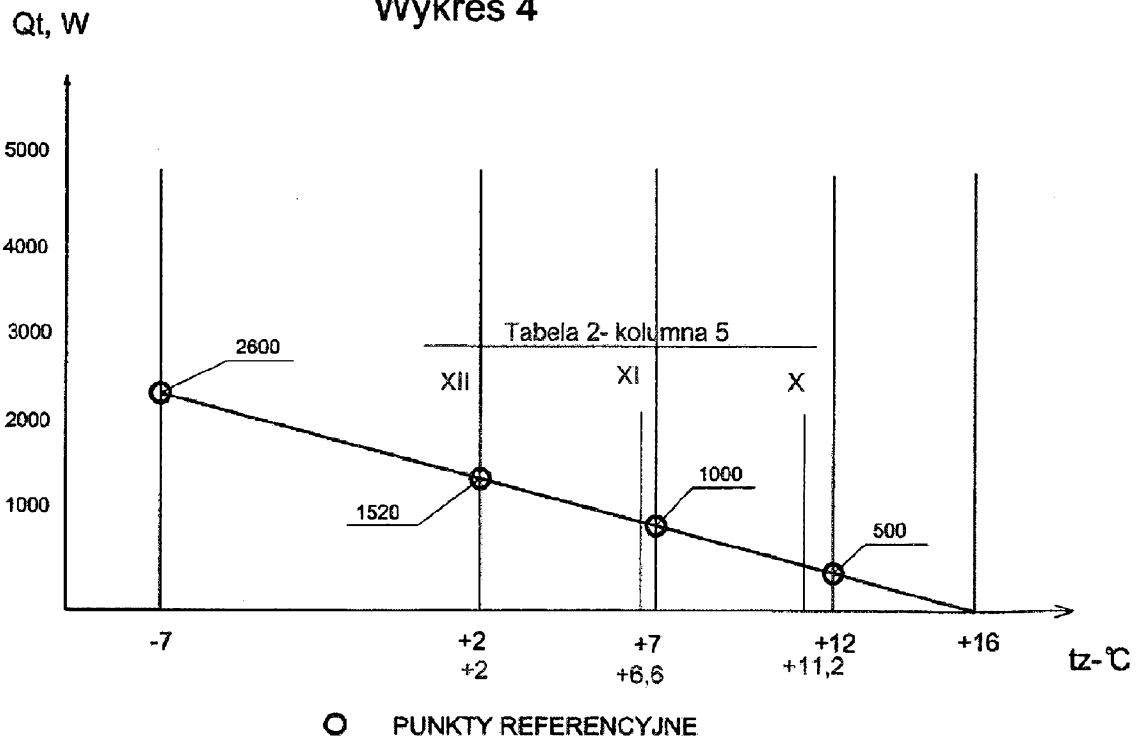
$Q_{ch} - W$



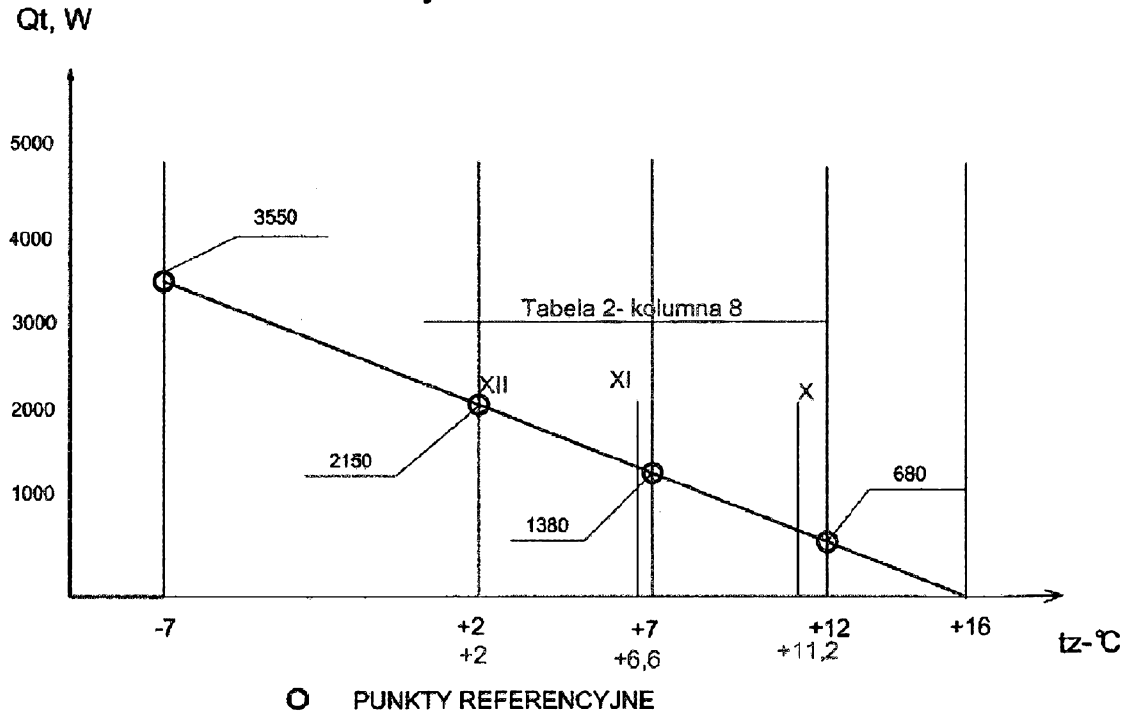
Wykres 3



Wykres 4



Wykres 5



Wykres 6

