

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **240660**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **426867**

(22) Data zgłoszenia: **31.08.2018**

(51) Int.Cl.

**G01T 1/167 (2006.01)**

**F24F 7/00 (2006.01)**

**F24F 11/00 (2018.01)**

(54)

**Układ i sposób zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**02.01.2019 BUP 01/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**16.05.2022 WUP 20/22**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**BERNARD POŁĘDNIK, Lublin, PL**

**DOMINIK GRZĄDZIEL, Dziekanowice, PL**

**KRZYSZTOF KOZAK, Kraków, PL**

**JADWIGA MAZUR, Kraków, PL**

**MARIUSZ MROCZEK, Kraków, PL**

**ADAM PIOTROWICZ, Lublin, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Maciej Nowicki**

**PL 240660 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ i sposób zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach, zwłaszcza w budynkach znajdujących się na terenach wysokiego ryzyka radonowego, w których emancje radonowe podlegają dobowym lub sezonowym fluktuacjom.

Dotychczas znane układy i sposoby zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach polegają na ich izolowaniu od potencjalnych źródeł radonu oraz na właściwym ich wentylowaniu. Szczególnie dotyczy to pomieszczeń w budynkach, w których występują relatywnie wysokie stężenia radonu i jego pochodnych. Kontrola stopnia zmniejszania zagrożenia radonowego polega na bezpośrednich pomiarach stężenia radonu lub produktów jego rozpadu w tych pomieszczeniach i na doprowadzaniu do nich odpowiedniej ilości powietrza wentylacyjnego.

W opisie zgłoszenia patentowego US5026986 (A) przedstawiony jest sposób monitorowania i regulacji stężenia radonu w pomieszczeniu, który polega na tym, że mierzy się natężenie promieniowania alfa pochodzące z rozpadu radonu lub rozpadu pochodnych radonu. Na podstawie uzyskiwanych wyników tak steruje się pracą systemu wentylacyjnego lub klimatyzacyjnego, aby stężenie radonu w pomieszczeniu było poniżej ustalonego dopuszczalnego poziomu.

W opisie zgłoszenia patentowego US20080182506 (A1) zaprezentowany jest sposób i układ do zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach powiązany ze sterowaniem jakością powietrza wewnętrznego. Sterowanie to jest realizowane w oparciu o wyniki pomiaru parametrów mających wpływ na jakość powietrza wewnętrznego, w tym również o pomiary stężenia radonu. W przypadku gdy mierzone wartości tych parametrów w pomieszczeniu przekraczają akceptowalne poziomy, to następuje automatyczna zmiana ustawień pracy systemu ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji, która przywraca pożądaną jakość powietrza wewnętrznego. Minimalizowane jest jednocześnie zagrożenie radonowe w budynku.

W opisie zgłoszenia patentowego PL413329 (A1) przedstawione jest rozwiązanie sposobu i układu sterowania wentylacją mechaniczną pomieszczeń polegające na tym, że w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne, w pomieszczeniu oraz w przewodzie odprowadzającym powietrze z pomieszczenia mierzy się stężenie radonu lub stężenie produktów rozpadu radonu, mierzy się parametry określające komfort termiczny oraz stężenie aerozoli, CO<sub>2</sub> i stężenie lotnych związków organicznych. Na podstawie uzyskanych wartości steruje się ilością i jakością powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia.

W opisie patentowym PL 228413 (B1) przedstawiony jest sposób oceny zagrożenia radonowego i układ do niwelowania zagrożenia radonowego w budynkach polegający na tym, że za pomocą czujników mierzy się stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu w rozpatrywanym nie wentylowanym pomieszczeniu, a także w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne do pomieszczenia i w przewodzie odprowadzającym powietrze z pomieszczenia. Wyniki pomiarów przesyła się do modułu przeliczającego i urządzenia komunikacyjnego, a następnie do modułu sterującego, który połączony jest z urządzeniem nastawiającym ilość powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia.

Znane są również sposoby i układy do minimalizowania zagrożenia radonowego w budynkach polegające na podwyższaniu ciśnienia powietrza w pomieszczeniach. W opisie zgłoszenia patentowego US4915020 (A) przedstawione jest rozwiązanie, które polega na tym, że poprzez nadmuch powietrza do pomieszczenia zwiększa się w nim ciśnienie powietrza wewnętrznego powyżej wartości ciśnienia atmosferycznego. Zmniejsza się w ten sposób przenikanie radonu do pomieszczenia przez ściany i fundamenty. Pomiar stężenia radonu wewnątrz pomieszczenia pozwala na odpowiednie sterowanie ciśnieniem powietrza w pomieszczeniu, a tym samym na minimalizowanie zagrożenia radonowego.

Celem wynalazku jest zmniejszenie zagrożenia radonowego w budynkach, zwłaszcza w budynkach znajdujących się na terenach wysokiego ryzyka radonowego.

Istotą układu do zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach obejmującego pomieszczenie, do którego podłączone są przewody doprowadzające powietrze oraz przewody odprowadzające powietrze i zawierający źródło cząstek aerozolowych i urządzenie filtrujące, według wynalazku jest to, że do pomieszczenia podłączony jest przewód doprowadzający powietrze wentylacyjne oraz przewód odprowadzający powietrze. W pomieszczeniu znajduje się źródło cząstek aerozolowych lub w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne znajduje się źródło cząstek aerozolowych oraz w pomieszczeniu znajduje się urządzenie filtrujące.

Alternatywnie istotą układu do zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach jest to, że do pomieszczenia podłączony jest przewód doprowadzający powietrze wentylacyjne oraz przewód odprowadzający powietrze oraz do pomieszczenia podłączony jest pomocniczy układ składający się z dodatkowego przewodu, źródła cząstek aerozolowych oraz urządzenia filtrującego.

Dodatkowo w pomieszczeniu znajduje się czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych oraz pierwszy czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu, w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne zainstalowany jest drugi czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu, a w przewodzie odprowadzającym powietrze zainstalowany jest trzeci czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu, przy czym czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych i wszystkie czujniki do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu, połączone są z modułem sterowania, który z kolei połączony jest z urządzeniem wykonawczym nastawiającym ilość powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia. Wskazane jest, gdy moduł sterowania połączony jest ze źródłem cząstek aerozolowych, połączony jest z urządzeniem filtrującym i połączony jest z urządzeniem komunikacyjnym.

Istotą sposobu zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach jest to, że w pomieszczeniu mierzy się stężenie cząstek aerozolowych za pomocą czujnika do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych i stężenie radonu lub stężenie produktów rozpadu radonu za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu oraz mierzy się stężenie radonu lub stężenie produktów rozpadu radonu w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne za pomocą drugiego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu oraz w przewodzie odprowadzającym powietrze z pomieszczenia za pomocą trzeciego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu, a następnie otrzymane wartości przesyła się do modułu sterowania. W module sterowania generuje się sygnał sterujący do urządzenia wykonawczego nastawiającego ilość powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia oraz generuje się sygnał sterujący do źródła cząstek aerozolowych znajdującego się w pomieszczeniu lub w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne do pomieszczenia lub w pomocniczym układzie przepływu powietrza z i do pomieszczenia i rozprasza się cząstki aerozolowe ze źródła cząstek aerozolowych, które następnie wraz z zaadsorbowanymi na nich produktami rozpadu radonu usuwa się w urządzeniu filtrującym oraz wysyła się sygnał sterujący do urządzenia filtrującego.

Wynalazek został przedstawiony w przykładach wykonania na schematycznym rysunku, na którym fig. 1 przedstawia pierwszy przykład układu, fig. 2 – drugi przykład układu, fig. 3 – trzeci przykład układu i fig. 4 – czwarty przykład układu.

Układ do zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach w pierwszym przykładzie wykonania, według wynalazku, został zastosowany w krypcie kościelnej. Schemat układu przedstawiono na fig. 1 rysunku. W pomieszczeniu 1 krypty o kubaturze 20 m<sup>3</sup> znajdowało się źródło cząstek aerozolowych 2a w postaci wytwornicy dymu LIGHT4ME FM 1500 oraz urządzenie filtrujące 3a wyposażone w wentylator i filtr HEPA klasy H14. W pomieszczeniu 1 znajdował się też czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych 4 w postaci miernika zapylenia DustTrak DRX 8533 oraz pierwszy czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5. W przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1 zainstalowany był drugi czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 6, a w przewodzie odprowadzającym powietrze B z pomieszczenia 1 zainstalowany był trzeci czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7. Czujnikami do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5, 6, 7 były urządzenia EQF 3220 firmy SARAD. Czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych 4 i wszystkie czujniki do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5, 6, 7 połączone były z modułem sterowania 8 w postaci regulatora PID, który z kolei połączony był z urządzeniem wykonawczym 9, którym był wentylator z regulowaną prędkością obrotową i przepustnica nastawiająca ilość powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia 1. Moduł sterowania 8 połączony był także ze źródłem cząstek aerozolowych 2a, urządzeniem filtrującym 3a oraz z urządzeniem komunikacyjnym 10 w postaci wyświetlacza aktualnego zagrożenia radonowego w pomieszczeniu 1.

Sposób zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach w pierwszym przykładzie wykonania, według wynalazku, zrealizowano z wykorzystaniem układu przedstawionego w pierwszym przykładzie wykonania. Polegał on na tym, że za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5 zmierzono stężenie radonu w niewentylowanym pomieszczeniu 1 krypty, które wynosiło 550 Bq/m<sup>3</sup>. Po rozpoczęciu wentylacji pomieszczenia 1 z wydajnością 100 m<sup>3</sup>/h za pomocą drugiego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 6

zmierzono stężenie radonu w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1, które wynosiło  $15 \text{ Bq/m}^3$ . Za pomocą trzeciego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7 znajdującego się w przewodzie odprowadzającym powietrze B z pomieszczenia 1 zmierzono stężenie radonu wynoszące  $340 \text{ Bq/m}^3$ , stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $100 \text{ Bq/m}^3$  i stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $30 \text{ Bq/m}^3$ . Zmierzone wartości stężeń przesłano do modułu sterowania 8, w którym wygenerowany został sygnał sterujący do urządzenia wykonawczego 9, które zwiększyło strumień powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia 1 do  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ . Z modułu sterowania 8 wysłany został również sygnał sterujący do źródła cząstek aerozolowych 2a, które zaczęło rozpraszać taką ilość cząstek aerozolowych w pomieszczeniu 1, aby ich stężenie w tym pomieszczeniu mierzone za pomocą czujnika stężenia cząstek aerozolowych 4 miało wartość  $150 \mu\text{g/m}^3$ . Automatycznie włączony został również wentylator w urządzeniu filtrującym 3a i oczyszczane było powietrze w pomieszczeniu 1 z cząstek aerozolowych i z zaadsorbowanych na tych cząstkach produktów rozpadu radonu. Po 10 minutach wentylacji pomieszczenia 1 za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5 zmierzono stężenie radonu w pomieszczeniu 1 wynoszące  $85 \text{ Bq/m}^3$ . Za pomocą drugiego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 6 zmierzono stężenie radonu w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1 wynoszące  $15 \text{ Bq/m}^3$ . Za pomocą trzeciego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7 zainstalowanego w przewodzie odprowadzającym powietrze B z pomieszczenia 1 zmierzono stężenie radonu wynoszące  $80 \text{ Bq/m}^3$ , stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $40 \text{ Bq/m}^3$  i stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $7 \text{ Bq/m}^3$ . Uzyskane wyniki przesłano do modułu sterowania 8, w którym wygenerowany został sygnał sterujący do urządzenia wykonawczego 9 i do źródła cząstek aerozolowych 2a. Zmniejszony został strumień powietrza wentylacyjnego do wartości  $130 \text{ m}^3/\text{h}$  oraz utrzymano ilość rozpraszanych cząstek aerozolowych na tym samym poziomie zapewniającym ich stężenia w pomieszczeniu 1 wynoszące  $150 \mu\text{g/m}^3$ . Stężenie radonu w pomieszczeniu 1 mierzone za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5 miało wartość  $95 \text{ Bq/m}^3$ . Stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynosiło  $42 \text{ Bq/m}^3$ , a stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu było na poziomie  $8 \text{ Bq/m}^3$ .

Układ do zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach w drugim przykładzie wykonania, według wynalazku, został zastosowany w magazynie zbiorów muzealnych. Schemat układu przedstawiono na fig. 2 rysunku. W pomieszczeniu 1 o kubaturze  $100 \text{ m}^3$  znajdowało się urządzenie filtrujące 3a wyposażone w wentylator i filtr HEPA klasy H14. W pomieszczeniu 1 znajdował się też czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych 4 w postaci miernika zapylenia DustTrak DRX 8533 oraz pierwszy czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5. W przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1 zainstalowany był drugi czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 6. W przewodzie tym znajdowało się też źródło cząstek aerozolowych 2b w postaci modyfikowanego generatora dymu GD-02. W przewodzie odprowadzającym powietrze B z pomieszczenia 1 zainstalowany był trzeci czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7. Czujnikami do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5, 6, 7 były urządzenia EQF 3220 firmy SARAD. Czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych 4 i wszystkie czujniki do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5, 6, 7 połączone były z modułem sterowania 8 w postaci regulatora PID, który z kolei połączony był z urządzeniem wykonawczym 9, którym był wentylator z regulowaną prędkością obrotową i przepustnicą nastawiającą ilość powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia 1. Moduł sterowania 8 połączony był także ze źródłem cząstek aerozolowych 2b, urządzeniem filtrującym 3a oraz z urządzeniem komunikacyjnym 10 w postaci wyświetlacza aktualnego zagrożenia radonowego w pomieszczeniu 1.

Sposób zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach w drugim przykładzie wykonania, według wynalazku, zrealizowano z wykorzystaniem układu przedstawionego w drugim przykładzie wykonania. Polegał on na tym, że za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu zmierzono stężenie radonu w niewentylowanym pomieszczeniu 1 w magazynie zbiorów muzealnych, które wynosiło  $300 \text{ Bq/m}^3$ . Po rozpoczęciu wentylacji pomieszczenia 1 z wydajnością  $400 \text{ m}^3/\text{h}$  za pomocą drugiego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 6 zmierzono stężenie radonu w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1, które wynosiło  $10 \text{ Bq/m}^3$ . Za pomocą trzeciego czujnika do pomiaru stężenia

radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7 znajdującego się w przewodzie odprowadzającym powietrze B z pomieszczenia 1 zmierzono stężenie radonu wynoszące  $140 \text{ Bq/m}^3$ , stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $70 \text{ Bq/m}^3$  i stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $14 \text{ Bq/m}^3$ . Zmierzone wartości stężeń przesłano do modułu sterowania 8, w którym wygenerowany został sygnał sterujący do urządzenia wykonawczego 9, które zwiększyło strumień powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia 1 do  $500 \text{ m}^3/\text{h}$ . Z modułu sterowania 8 wysłany został również sygnał sterujący do źródła cząstek aerozolowych 2b, które zaczęło rozpraszać taką ilość cząstek aerozolowych w powietrzu wentylacyjnym doprowadzanym do pomieszczenia 1, aby ich stężenie w tym pomieszczeniu mierzone za pomocą czujnika stężenia cząstek aerozolowych 4 miało wartość  $100 \mu\text{g/m}^3$ . Automatycznie włączony został również wentylator w urządzeniu filtrującym 3a i oczyszczane było powietrze w pomieszczeniu 1 z cząstek aerozolowych i z zaadsorbowanych na tych cząstkach produktów rozpadu radonu. Po 15 minutach wentylacji pomieszczenia 1 za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5 zmierzono stężenie radonu w pomieszczeniu 1 wynoszące  $65 \text{ Bq/m}^3$ . Za pomocą drugiego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 6 zmierzono stężenie radonu w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1 wynoszące  $10 \text{ Bq/m}^3$ . Za pomocą trzeciego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7 zainstalowanego w przewodzie odprowadzającym powietrze B z pomieszczenia 1 zmierzono stężenie radonu wynoszące  $60 \text{ Bq/m}^3$ , stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $30 \text{ Bq/m}^3$  i stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $6 \text{ Bq/m}^3$ . Uzyskane wyniki przesłano do modułu sterowania 8, w którym wygenerowany został sygnał sterujący do urządzenia wykonawczego 9 i do źródła cząstek aerozolowych 2b. Zmniejszony został strumień powietrza wentylacyjnego do  $450 \text{ m}^3/\text{h}$  oraz zmniejszono ilość rozpraszanych w tym powietrzu cząstek aerozolowych tak, aby ich stężenie w pomieszczeniu 1 miało wartość  $60 \mu\text{g/m}^3$ . Stężenie radonu w pomieszczeniu 1 mierzone za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5 miało wartość  $75 \text{ Bq/m}^3$ . Stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynosiło  $35 \text{ Bq/m}^3$ , a stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu było na poziomie  $7 \text{ Bq/m}^3$ .

Układ do zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach w trzecim przykładzie wykonania, według wynalazku, został zastosowany w budynku biurowym. Schemat układu przedstawiono na fig. 3 rysunku. W pomieszczeniu 1 o kubaturze  $200 \text{ m}^3$  znajdował się czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych 4 w postaci miernika zapylenia DustTrak DRX 8533 oraz pierwszy czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5. W przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1 zainstalowany był drugi czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 6, a w przewodzie odprowadzającym powietrze B z pomieszczenia 1 zainstalowany był trzeci czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7. Czujnikami do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5, 6, 7 były urządzenia EQF 3220 firmy SARAD. Do pomieszczenia 1 podłączony był pomocniczy układ składający się z dodatkowego przewodu C, źródła cząstek aerozolowych 2c w postaci modyfikowanego generatora dymu GD-02 oraz urządzenia filtrującego 3b wyposażonego w wentylator i filtr HEPA klasy H14. Czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych 4 i wszystkie czujniki do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5, 6, 7 połączone były z modułem sterowania 8 w postaci regulatora PID, który z kolei połączony był z urządzeniem wykonawczym 8, którym był wentylator z regulowaną prędkością obrotową i przepustnicą nastawiającą ilość powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia 1. Moduł sterowania 8 połączony był także ze źródłem cząstek aerozolowych 2c, urządzeniem filtrującym 3b oraz z urządzeniem komunikacyjnym 10 w postaci wyświetlacza aktualnego zagrożenia radonowego w pomieszczeniu 1.

Sposób zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach w trzecim przykładzie wykonania, według wynalazku, zrealizowano z wykorzystaniem układu przedstawionego w trzecim przykładzie wykonania. Polegał on na tym, że za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5 zmierzono stężenie radonu w niewentylowanym pomieszczeniu 1 w budynku biurowym, które wynosiło  $220 \text{ Bq/m}^3$ . Po rozpoczęciu wentylacji pomieszczenia 1 z wydajnością  $200 \text{ m}^3/\text{h}$  za pomocą drugiego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 6 zmierzono stężenie radonu w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1, które wynosiło  $10 \text{ Bq/m}^3$ . Za pomocą trzeciego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7 znajdującego się w przewodzie odprowadzającym powietrze B

z pomieszczenia 1 zmierzono stężenie radonu wynoszące  $160 \text{ Bq/m}^3$ , stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $80 \text{ Bq/m}^3$  i stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $17 \text{ Bq/m}^3$ . Zmierzone wartości stężeń przesłano do modułu sterowania 8, w którym wygenerowany został sygnał sterujący do urządzenia wykonawczego 9, które zwiększyło strumień powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia 1 do  $300 \text{ m}^3/\text{h}$ . Z modułu sterowania 8 wysłany został również sygnał sterujący do źródła cząstek aerozolowych 2c, które zaczęło rozpraszać cząstki aerozolowe w pomocniczym układzie połączonym z pomieszczeniem 1 zapewniając ich stężenie przed urządzeniem filtrującym 3b wynoszące około  $400 \mu\text{g/m}^3$ . Automatycznie włączony został również wentylator w urządzeniu filtrującym 3b i oczyszczane było powietrze zwrotnie doprowadzane przez pomocniczy układ do pomieszczenia 1 z cząstek aerozolowych i z zaadsorbowanych na tych cząstkach produktów rozpadu radonu. Po 15 minutach wentylacji pomieszczenia 1 za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5 zmierzono stężenie radonu w pomieszczeniu 1 wynoszące  $85 \text{ Bq/m}^3$ . Za pomocą drugiego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 6 zmierzono stężenie radonu w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1 wynoszące  $10 \text{ Bq/m}^3$ . Za pomocą trzeciego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7 zainstalowanego w przewodzie odprowadzającym powietrze B z pomieszczenia 1 zmierzono stężenie radonu wynoszące  $80 \text{ Bq/m}^3$ , stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $40 \text{ Bq/m}^3$  i stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $8 \text{ Bq/m}^3$ . Uzyskane wyniki przesłano do modułu sterowania 8, w którym wygenerowany został sygnał sterujący do urządzenia wykonawczego 9 i do źródła cząstek aerozolowych 2c. Utrzymana została wartość strumienia powietrza wentylacyjnego wynosząca  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  oraz utrzymano na tym samym poziomie ilość rozpraszanych cząstek aerozolowych w pomocniczym układzie, zapewniając ich stężenie przed urządzeniem filtrującym 3b wynoszące około  $400 \mu\text{g/m}^3$ . Stężenie radonu w pomieszczeniu 1 mierzone za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5 miało wartość  $85 \text{ Bq/m}^3$ . Stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynosiło  $43 \text{ Bq/m}^3$ , a stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu było na poziomie  $8 \text{ Bq/m}^3$ .

Układ do zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach w czwartym przykładzie wykonania, według wynalazku, został zastosowany w piwnicy budynku mieszkalnego. Schemat układu przedstawiono na fig. 4 rysunku. W pomieszczeniu 1 piwnicy o kubaturze  $250 \text{ m}^3$  znajdowało się urządzenie filtrujące 3a wyposażone w wentylator i filtr HEPA klasy H14. W pomieszczeniu 1 znajdował się też czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych 4 w postaci miernika zapylenia DustTrak 25 DRX 8533 oraz pierwszy czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5. W przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1 zainstalowany był drugi czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 6. W przewodzie tym znajdowało się też źródło cząstek aerozolowych 2b w postaci modyfikowanego generatora dymu GD-02. W przewodzie odprowadzającym powietrze B z pomieszczenia 1 zainstalowany był trzeci czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7. Czujnikami do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5, 6, 7 były urządzenia EQF 3220 firmy SARAD. Do pomieszczenia 1 podłączony był pomocniczy układ składający się z dodatkowego przewodu C, źródła cząstek aerozolowych 2c w postaci modyfikowanego generatora dymu GD-02 oraz urządzenia filtrującego 3b wyposażonego w wentylator i filtr HEPA klasy H14. Czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych 4 i wszystkie czujniki do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5, 6, 7 połączone były z modułem sterowania 8 w postaci regulatora PID, który z kolei połączony był z urządzeniem wykonawczym 9, którym był wentylator z regulowaną prędkością obrotową i przepustnica nastawiająca ilość powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia 1. Moduł sterowania 8 połączony był także ze źródłami cząstek aerozolowych 2b, 2c, urządzeniami filtrującymi 3a, 3b oraz z urządzeniem komunikacyjnym 10 w postaci wyświetlacza aktualnego zagrożenia radonowego w pomieszczeniu 1.

Sposób zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach w czwartym przykładzie wykonania, według wynalazku, zrealizowano z wykorzystaniem układu przedstawionego w czwartym przykładzie wykonania. Polegał on na tym, że za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5 zmierzono stężenie radonu w niewentylowanym pomieszczeniu 1 w piwnicy, które wynosiło  $800 \text{ Bq/m}^3$ . Po rozpoczęciu wentylacji pomieszczenia 1 z wydajnością  $400 \text{ m}^3/\text{h}$  za pomocą drugiego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu

6 zmierzono stężenie radonu w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1, które wynosiło  $20 \text{ Bq/m}^3$ . Za pomocą trzeciego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7 znajdującego się w przewodzie odprowadzającym powietrze B z pomieszczenia 1 zmierzono stężenie radonu wynoszące  $400 \text{ Bq/m}^3$ , stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $200 \text{ Bq/m}^3$  i stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $40 \text{ Bq/m}^3$ . Zmierzone wartości stężeń przesłano do modułu sterowania 8, w którym wygenerowany został sygnał sterujący do urządzenia wykonawczego 9, które zwiększyło strumień powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia 1 do  $700 \text{ m}^3/\text{h}$ . Z modułu sterowania 8 wysłany został również sygnał sterujący do źródeł cząstek aerozolowych 2b, 2c, które zaczęły rozpraszać taką ilość cząstek aerozolowych w powietrzu wentylacyjnym doprowadzanym do pomieszczenia 1 oraz w powietrzu odprowadzanym i zwrotnie doprowadzanym do pomieszczenia 1, aby ich stężenie w pomieszczeniu 1 mierzone za pomocą czujnika stężenia cząstek aerozolowych 4 miało wartość  $40 \mu\text{g/m}^3$ . Automatycznie włączone zostały również wentylatory w urządzeniach filtrujących 3a, 3b i oczyszczane było powietrze w pomieszczeniu 1 oraz powietrze w pomocniczym układzie z cząstek aerozolowych i z zaadsorbowanych na tych cząstkach produktów rozpadu radonu. Po 15 minutach wentylacji pomieszczenia 1 za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5 zmierzono stężenie radonu w pomieszczeniu 1 wynoszące  $110 \text{ Bq/m}^3$  za pomocą drugiego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 6 zmierzono stężenie radonu w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne A do pomieszczenia 1 wynoszące  $20 \text{ Bq/m}^3$ . Za pomocą trzeciego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 7 zainstalowanego w przewodzie odprowadzającym powietrze B z pomieszczenia 1 zmierzono stężenie radonu wynoszące  $120 \text{ Bq/m}^3$ , stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $60 \text{ Bq/m}^3$  i stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynoszące  $15 \text{ Bq/m}^3$ . Uzyskane wyniki przesłano do modułu sterowania 8, w którym wygenerowany został sygnał sterujący do urządzenia wykonawczego 9 i do źródeł cząstek aerozolowych 2b, 2c. Zwiększony został strumień powietrza wentylacyjnego do wartości  $800 \text{ m}^3/\text{h}$  oraz zmniejszono ilość rozpraszanych cząstek aerozolowych tak, aby ich stężenie w pomieszczeniu 1 miało wartość  $30 \mu\text{g/m}^3$ . Stężenie radonu w pomieszczeniu 1 mierzone za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu 5 miało wartość  $100 \text{ Bq/m}^3$ . Stężenie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu wynosiło  $50 \text{ Bq/m}^3$ , a stężenie nie zaadsorbowanych produktów rozpadu radonu było na poziomie  $10 \text{ Bq/m}^3$ .

#### Wykaz oznaczeń

1	– pomieszczenie
2a, 2b, 2c	– źródło cząstek aerozolowych
3a, 3b	– urządzenie filtrujące
4	– czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych
5	– pierwszy czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu
6	– drugi czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu
7	– trzeci czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu
8	– moduł sterowania
9	– urządzenie wykonawcze
10	– urządzenie komunikacyjne
A	– przewód doprowadzający powietrze wentylacyjne
B	– przewód odprowadzający powietrze
C	– dodatkowy przewód

## Zastrzeżenia patentowe

1. Układ do zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach obejmujący pomieszczenie, do którego podłączone są przewody doprowadzające powietrze oraz przewody odprowadzające powietrze i zawierający źródło cząstek aerozolowych i urządzenie filtrujące **znamienny tym**, że do pomieszczenia (1) podłączony jest przewód doprowadzający powietrze wentylacyjne (A) oraz przewód odprowadzający powietrze (B) oraz że w pomieszczeniu (1) znajduje się źródło cząstek aerozolowych (2a) lub w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne (A) znajduje się źródło cząstek aerozolowych (2b) oraz że w pomieszczeniu (1) znajduje się urządzenie filtrujące (3a).
2. Układ do zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach obejmujący pomieszczenie, do którego podłączone są przewody doprowadzające powietrze oraz przewody odprowadzające powietrze i zawierający źródło cząstek aerozolowych i urządzenie filtrujące **znamienny tym**, że do pomieszczenia (1) podłączony jest przewód doprowadzający powietrze wentylacyjne (A) oraz przewód odprowadzający powietrze (B) oraz że do pomieszczenia (1) podłączony jest pomocniczy układ składający się z dodatkowego przewodu (C), źródła cząstek aerozolowych (2c) oraz urządzenia filtrującego (3b).
3. Układ według zastrz. 1 albo 2 **znamienny tym**, że w pomieszczeniu (1) znajduje się czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych (4) oraz pierwszy czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu (5), w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne (A) zainstalowany jest drugi czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu (6), a w przewodzie odprowadzającym powietrze (B) zainstalowany jest trzeci czujnik do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu (7), przy czym czujnik do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych (4) i wszystkie czujniki do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu (5), (6), (7) połączone są z modułem sterowania (8), który z kolei połączony jest z urządzeniem wykonawczym (9) nastawiającym ilość powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia (1).
4. Układ według zastrz. 3 **znamienny tym**, że moduł sterowania (8) połączony jest ze źródłem cząstek aerozolowych (2a, 2b, 2c).
5. Układ według zastrz. 3 **znamienny tym**, że moduł sterowania (8) połączony jest z urządzeniem filtrującym (3a, 3b).
6. Układ według zastrz. 3 **znamienny tym**, że moduł sterowania (8) połączony jest z urządzeniem komunikacyjnym (10).
7. Sposób zmniejszania zagrożenia radonowego w budynkach **znamienny tym**, że w pomieszczeniu (1) mierzy się stężenie cząstek aerozolowych za pomocą czujnika do pomiaru stężenia cząstek aerozolowych (4) i stężenie radonu lub stężenie produktów rozpadu radonu za pomocą pierwszego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu (5) oraz mierzy się stężenie radonu lub stężenie produktów rozpadu radonu w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne (A) za pomocą drugiego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu (6) oraz w przewodzie odprowadzającym powietrze (B) z pomieszczenia (1) za pomocą trzeciego czujnika do pomiaru stężenia radonu lub stężenia produktów rozpadu radonu (7), a następnie otrzymane wartości przesyła się do modułu sterowania (8), w którym generuje się sygnał sterujący do urządzenia wykonawczego (9) nastawiającego ilość powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia (1) oraz generuje się sygnał sterujący do źródła cząstek aerozolowych (2a, 2b, 2c) znajdującego się w pomieszczeniu (1) lub w przewodzie doprowadzającym powietrze wentylacyjne (A) do pomieszczenia (1) lub w pomocniczym układzie przepływu powietrza z i do pomieszczenia (1) i rozprasza się cząstki aerozolowe ze źródła cząstek aerozolowych (2a, 2b, 2c), które następnie wraz z zaadsorbowanymi na nich produktami rozpadu radonu usuwa się w urządzeniu filtrującym (3a, 3b) oraz wysyła się sygnał sterujący do urządzenia filtrującego (3a, 3b).

Rysunki

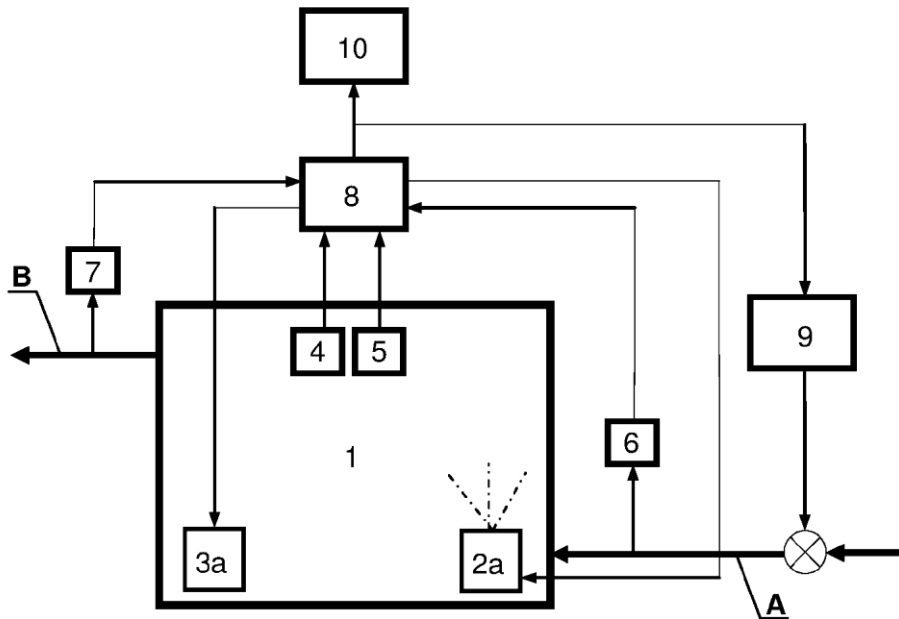


Fig. 1

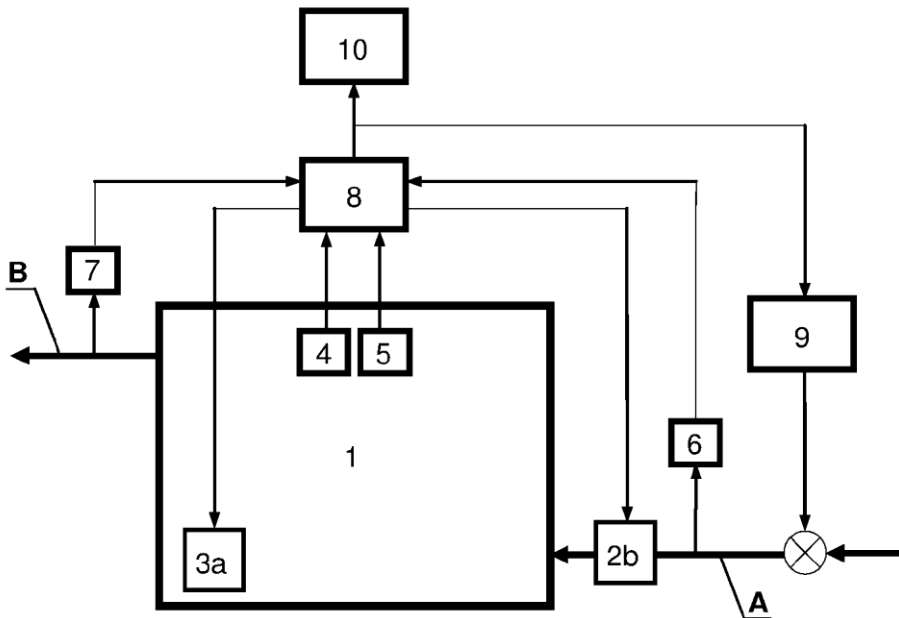


Fig. 2

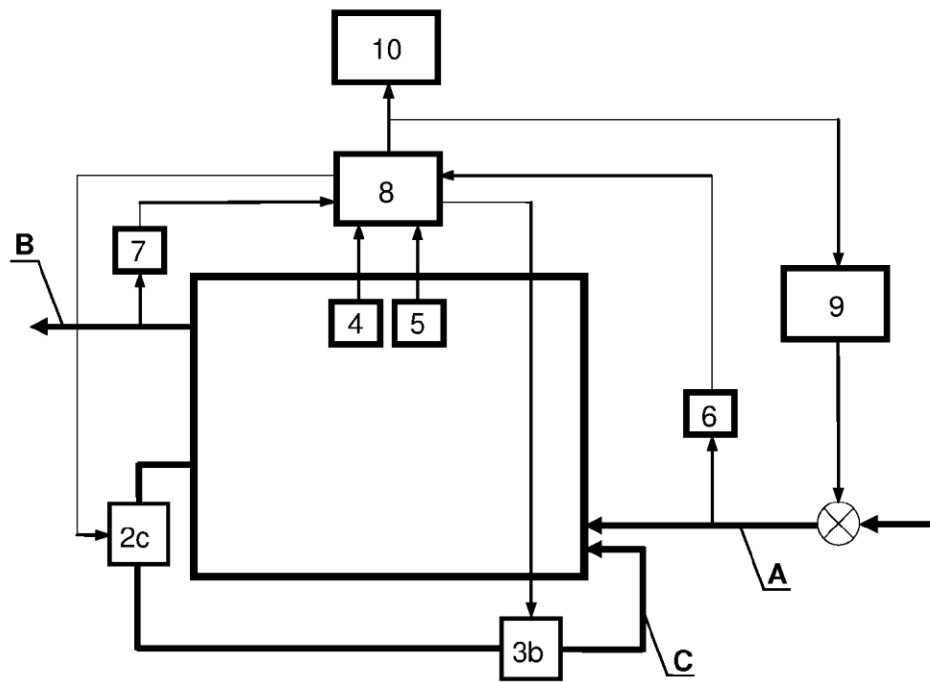


Fig. 3

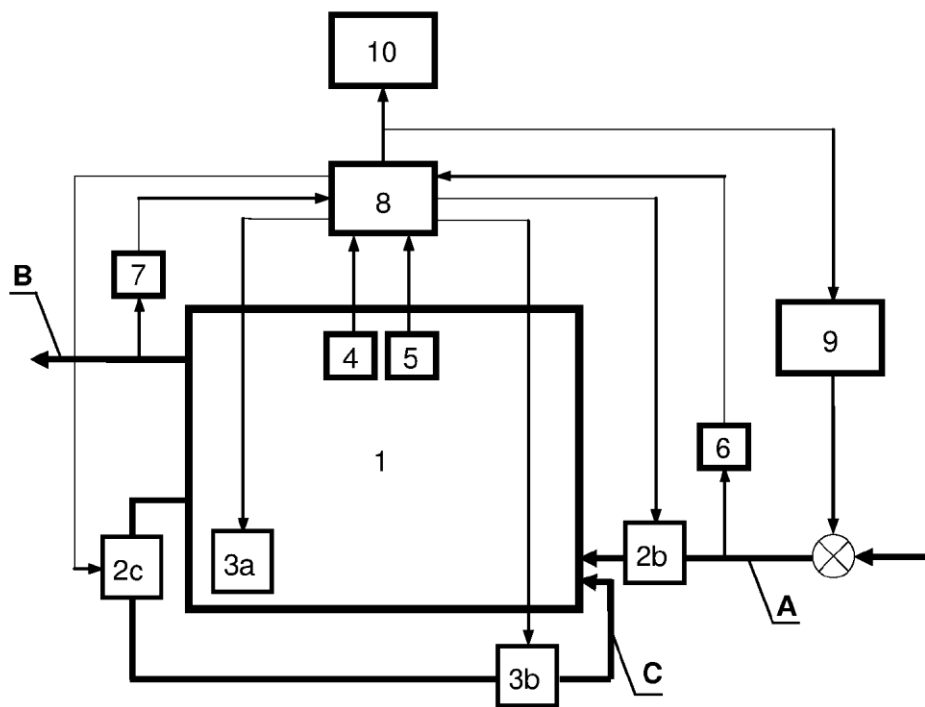


Fig. 4