

## System regulowania ciśnienia na pionowych drogach ewakuacyjnych

Przedmiotem wynalazku jest system regulowania ciśnienia na pionowych drogach ewakuacyjnych (klatkach schodowych) podczas ich zabezpieczania przed zadymieniem w przypadku wystąpienia pożaru w budynku. Sposób ten  
5 wykorzystywany jest w budynkach wysokich i wysokościowych, w których wymagane jest zabezpieczenie przed zadymieniem klatek schodowych.

Klatki schodowe, szczególnie w budynkach wysokich i wysokościowych, są jedyną drogą ewakuacji ludzi w przypadku wystąpienia w budynku pożaru. Z tego względu systemy chroniące klatki przed zadymieniem pełnią bardzo istotną  
10 rolę w zapewnieniu bezpiecznej ewakuacji ludzi, ponieważ w przypadku braku ich skutecznego działania klatka schodowa może ulec zadymieniu i uniemożliwić ewakuację ludzi, szczególnie tych, którzy znajdują się na wszystkich kondygnacjach powyżej kondygnacji objętej pożarem. Stosowane dotychczas na klatkach schodowych systemy różnicowania ciśnienia są najczęściej projektowane  
15 zgodnie z zasadami przedstawionymi w normie PN-EN 12101-6:2007. Zgodnie z wymaganiami tej normy, ciągu 3 sekund od czasu zamknięcia drzwi na klatkę schodową, nadciśnienie w niej wytwarzane powinno spaść poniżej poziomu uniemożliwiającego otwarcie drzwi (mniejsza niż 100N). Dodatkowo, w 2020 r. udostępniony został draft nowej wersji tej normy EN 12101-13. Obydwie wersje  
20 normy nie przewidują jednak żadnych elementów, które rozszczelniałyby obudowę klatki schodowej podczas pracy systemu różnicowania ciśnienia.

Jednocześnie, od 1 stycznia 2021 roku wszystkie nowo wznoszone budynki powinny być zero energetyczne. Powoduje to dążenie do zachowania jak największej szczelności obudowy budynku, w tym pionowych dróg ewakuacyjnych  
25 (klatek schodowych). Ten wysoki poziom szczelności skutkuje wydłużeniem czasu odpowiedzi systemu różnicowania ciśnienia na zamknięcie drzwi na klatce schodowej z powodu braku możliwości dostosowania prędkości obrotowej wentylatora do zamieniających się na klatce schodowej warunków ciśnieniowych. Z powodu wydłużonego czasu regulacji dotychczas stosowane systemy  
30 różnicowania ciśnienia nie są w stanie spełnić kryterium 3 s na ustabilizowanie się

ciśnienia na klatce schodowej po zamknięciu drzwi, zgodnego wymaganiami normy PN-EN 12101-6:2007.

Rosnące wymagania dla budynków oraz systemów pożarowych powodują, że w systemach różnicowania ciśnienia opartych o regulatory różniczkująco-  
całkujące oraz inne sterowniki prędkości obrotowej wentylatora, trudno uzyskać  
5 odpowiedź układu na dynamikę związaną z otwieraniem i zamykaniem drzwi, która pozwoliłaby mieścić się w zakładanych ramach czasowych. Wentylatory służące do napowietrzania dróg ewakuacyjnych, wg zmian proponowanych w drafcie normy EN12101-13 mają być dobierane w celu spełnienia warunku ciśnieniowego,  
10 min. 30 Pa, oraz prędkości przepływu powietrza 1 lub 2 m/s na drzwiach. Powoduje to, że wentylator wytwarza wymagane nadciśnienie na drodze ewakuacyjnej, pracując w obszarze 10-15% swojej wydajności.

Znane jest z opisu patentowego europejskiego EP2722607 urządzenie do różnicowania ciśnienia na klatce schodowej wykorzystujące rozbudowane  
15 algorytmy neuronowe oparte o detekcję zmian szczelności obudowy i dostosowaniu parametrów regulatora do warunków panujących na obiekcie. Przyjęty w patencie sposób działania nie przewiduje jednak świadomego rozszczelnienia obudowy drogi ewakuacyjnej.

Znany jest także z opisu patentowego europejskiego EP2910865 wentylator  
20 nawiewny wytwarzający różnicę ciśnienia w którym wykorzystano algorytmy sterujące oparte o model Hammersteina-Wienera, będące szeregowym połączeniem statycznego bloku procesów nieliniowych z dynamicznym blokiem liniowym. Skuteczność działania oparto tu na rozbudowanym algorytmie, wykorzystującym procesory wysokiej mocy, a nie na zmianie szczelności obudowy klatki schodowej.

Znana jest z opisu patentowego europejskiego EP2505735 instalacja przeciwdymowa, która skuteczność działania opiera na sposobie regulacji  
25 wykorzystującym wentylator napowietrzający współpracujący z co najmniej jedną klapą regulacyjną, która otwiera się w momencie przekroczenia granicznego nadciśnienia i zamyka w przypadku spadku poniżej tej granicy. To rozwiązanie,  
30 jest jednak wadliwe w przypadku dużych podmuchów wiatru, uniemożliwiających zamykanie się klapy.

Znane są systemy regulowania ciśnienia na pionowych drogach ewakuacyjnych zawierające wentylator napowietrzający 1, miernik ciśnienia 2 oraz układ automatyki regulującej 3. W momencie wykrycia pożaru w budynku uruchamiany jest wentylator 1, miernik ciśnienia 2 mierzy wielkość wytwarzanego przez system ciśnienia chwilowego, a układ automatyki 3 regulującej zmienia prędkość obrotową wentylatora.

Celem wynalazku jest zwiększenie efektywności działania systemu różnicowania ciśnienia podczas pożaru na pionowych drogach ewakuacyjnych, a także skrócenie czasu odpowiedzi układu różnicowania ciśnienia na zamknięcie drzwi na klatce schodowej do wymaganych 3 s.

System różnicowania ciśnienia na pionowych drogach ewakuacyjnych zawierający wentylator napowietrzający, miernik ciśnienia, układ automatyki regulujący ciśnienie według wynalazku charakteryzuje się tym, że zawiera klapę do rozszczelnienia obudowy drogi ewakuacyjnej zamontowaną w drzwiach ewakuacyjnych, przy czym powierzchnia czynna kłapy wyznaczana jest indywidualnie dla każdego obiektu według wzoru:

$$A = \frac{0,715 V_{\max}}{\sqrt{\Delta p}}$$

$A [m^2]$  – powierzchnia rozszczelnienia,

$\Delta p [Pa]$  – różnica ciśnień pomiędzy pionową i poziomą drogą,

$V_{\max} [m^3/s]$  – znamionowy wydatek wentylatora zastosowanego w systemie różnicowania ciśnienia.

Zaletą systemu według wynalazku jest zapewnienie stałej kontroli oraz precyzyjnej regulacji ciśnienia i przepływu powietrza, które umożliwiają szybkie, poniżej 3 sekund, osiągnięcie założonych przepływów powietrza przez drzwi. Dzięki temu, system według wynalazku zabezpiecza klatkę schodową zarówno przed nienormalnym wzrostem, jak i spadkiem ciśnienia, co mogłoby odpowiednio uniemożliwić otwarcie drzwi ewakuacyjnych, lub spowodować przedostanie się do klatki się dymu.

Przedmiot wynalazku przedstawiono w przykładzie wykonania na rysunku, na którym Fig.1 przedstawia schemat blokowy systemu różnicowania ciśnienia z klapą rozszczelniającą.

System według wynalazku zawiera wentylator napowietrzający 1 o zmiennym wydatku nawiewanego powietrza, miernik ciśnienia 2, układ automatyki regulujący ciśnienie 3 oraz klapę 4 do rozszczelnienia obudowy drogi ewakuacyjnej zamontowaną w drzwiach ewakuacyjnych, przy czym powierzchnia czynna kłapy wyznaczana jest indywidualnie dla każdego obiektu według wzoru:

$$A = \frac{0,715 V_{\max}}{\sqrt{\Delta p}}$$

10 A [m<sup>2</sup>] – powierzchnia rozszczelnienia,

$\Delta p$  [Pa] – różnica ciśnień pomiędzy pionową i poziomą drogą,

$V_{\max}$  [m<sup>3</sup>/s] – znamionowy wydatek wentylatora zastosowanego w systemie różnicowania ciśnienia.

Klapa montowana jest w końcowych drzwiach ewakuacyjnych, stanowiących 15 wyjście z chronionej klatki schodowej na zewnątrz budynku. Po opadnięciu przegrody uzyskiwany jest otwór o powierzchni czynnej równej wymaganemu rozszczelnieniu.

W momencie wykrycia pożaru w budynku uruchamiany jest wentylator napowietrzający 1, miernik ciśnienia 2 mierzy wielkość wytwarzanego przez 20 system ciśnienia chwilowego, a układ automatyki regulującej 3 zmienia prędkość obrotową wentylatora. Układ automatyki dodatkowo otwiera klapę rozszczelniającą 4. Powietrze nawiewane przez wentylator 1 częściowo wydostaje się z klatki schodowej poprzez klapę rozszczelniającą 4, umożliwiając uzyskanie pożądanego nadciśnienia przy strumieniu nawiewu stanowiącym ok. 60% wydatku 25 znamionowego wentylatora napowietrzającego 1. W momencie spadku ciśnienia na klatce (otwarcia drzwi na kondygnacji objętej pożarem), układ automatyki 3 zwiększa obroty wentylatora 1, zwiększając tym samym strumień powietrza nawiewanego na klatkę i zapewniając wymaganą prędkość powietrza w świetle otwartych drzwi na kondygnacji objętej pożarem. W momencie zamknięcia tych 30 drzwi, układ automatyki 3 ponownie zmniejsza obroty wentylatora 1, a nadmiar

powietrza nawiewany w czasie, kiedy wentylator zmniejsza obroty jest usuwany przez klapę rozszczelniającą 4, tak, że wymagane na klatce nadciśnienie w stosunku do pozostałej części budynku, uzyskiwane jest w czasie krótszym niż 3 sekundy.

Skuteczność przedstawionego w przykładzie systemu regulacji potwierdzono badaniami przeprowadzonymi na obiekcie rzeczywistym, których wyniki obrazuje wykres. Wentylator przedstawiony w przykładzie posiada wydatek znamionowy 4,5 m<sup>3</sup>/s, a dobrana do niego klapa rozszczelniająca posiada wymaganą powierzchnię czynną otworu 0,455 m<sup>2</sup>.

$$A = \frac{0,715 \times V_{\max}}{\sqrt{\Delta p}} = \frac{0,715 \times 4,5 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{50 \text{ Pa}}} = 0,455 \text{ m}^2$$

10

Na podstawie badań własnych przeprowadzonych na obiekcie rzeczywistym zauważono, że w systemach różnicowania ciśnienia, w których została rozszczelniona obudowa klatki schodowej, odchyłki ciśnienia przestrzeni chronionej od wartości zadanej są mniejsze. Dodatkowo zaobserwowano korzystny wpływ na czas regulacji układu, co zostało zobrazowane na wykresie. Krzywe na wykresie przedstawiają rozkład ciśnień dla pomiarów wykonanych dla dwóch wariantów pionowej drogi ewakuacji. Pierwszym z nich jest klatka schodowa, w której klapa rozszczelniająca jest zamknięta. Rozkład ciśnienia dla tego przypadku przedstawiony jest na wykresie linią ciągłą szarą. W przypadku drugiego wariantu zastosowano system według wynalazku - klapa rozszczelniającą została otwarta, co pozwoliło uzyskać upust powietrza w obrysie drzwi ewakuacyjnych klatki schodowej o powierzchni czynnej rozszczelnienia 0,45 m<sup>2</sup>. Rozkład ciśnienia dla tego przypadku przedstawia linia ciągła czarna. Stopień zamknięcia drzwi przedstawia linia kropkowana szara. Ciśnienie referencyjne reprezentowane jest przy użyciu linii kreskowanej szarej, natomiast maksymalne ciśnienie na klatce schodowej pozwalające na otwarcie drzwi zobrazowane jest linią kreskowaną czarną. Możemy zauważyć, że zamknięcie drzwi na kondygnacji objętej pożarem powoduje znaczny wzrost ciśnienia w obydwu przypadkach, niemniej dla klatki szczelnej (linia ciągła szara) skok ten przekracza wartość 100 Pa, co powoduje

25

znaczące wydłużenie czasu po którym system osiąga żądaną wartość różnicy ciśnień pomiędzy klatką schodową a pozostałą częścią budynku. Zastosowanie klapy rozszielniającej w obrysie drzwi ewakuacyjnych ma pozytywny wpływ na czas po których system osiąga zakładaną wartość różnicy ciśnień (linia czarna ciągła), co pozwala spełnić wymagania stawiane systemom regulowania ciśnienia na pionowych drogach ewakuacyjnych.

