

Wiktor WASILUK

Tadeusz SZYMAŃSKI

Politechnika Gdańska

## WENTYLACJA OTWARTYCH ZBIORNIKÓW

Streszczenie. W Katedrze Techniki Ciepłej Politechniki Gdańskiej opracowano koncepcję nowego skojarzonego układu wentylacji do usuwania zanieczyszczeń z powierzchni zbiorników lub wanien, napełnionych cieczami, wydzielającymi pary, aerozole i gazy o nieprzyjemnym zapachu lub toksycznym działaniu. Wysokość szczeliny nawiewnej, kątnachylenia jej osi i prędkość nawiewanego powietrza, jak również wysokość ssawki wywiewnej i wielkość strumienia usuwanego powietrza są uzależnione od wymiarów zbiornika, od prędkości strumienia zaburzającego oraz od praw rządzących kształtowaniem się strumienia powietrza nawiewanego i wywiewanego, przy równoczesnym zachowaniu stałości strumienia pędu.

Nowy układ wentylacji zgłoszono do opatentowania.

Intensywny rozwój przemysłu chemicznego spowodował poważny wzrost stosowania materiałów i cieczy wydzielających toksyczne gazy i pary. Szereg procesów technologicznych, jak np. wytrawianie, galwanizowanie, cynkowanie itp., przeprowadzanych jest w otwartych zbiornikach i wannach napełnionych cieczami, wydzielającymi pary, aerozole i gazy o toksycznym działaniu. Z tego powodu zaistniała konieczność opracowania odpowiednich systemów wentylacji w celu zabezpieczenia przed toksycznym działaniem zarówno pracowników, jak również materiałów i produktów, przebywających w szkodliwej atmosferze.

W 1986 r. pracownicy Katedry Techniki Ciepłej Politechniki Gdańskiej przeprowadzili badania skuteczności działania nowo zbudowanego systemu wentylacji miejscowej znad wanien w jednej z cynkowni Wybrzeża. Badania wykazały małą skuteczność działania zainstalowanego systemu wentylacji i stanowiły inspirację do podjęcia prac mających na celu opracowanie skutecznego systemu wentylacji otwartych wanien i zbiorników.

W dotychczasowych rozwiązaniach najczęściej stosowane są boczne odciągi szczelinowe jedno- i dwustronne usytuowane na krawędziach wanien. Jednostronne odciągi można stosować dla wanien o szerokości do 0,5 m, zaś graniczna szerokość wanny przy odciągu dwustronnym wynosi ok. 1,4 m [1]. Jeżeli powierzchnia źródła czynników szkodliwych ma dużą szerokość, wówczas nawet dwustronne szczeliny ssące, ze względu na ograniczony za-

się oddziaływania, nie są w stanie zapewnić wymaganej prędkości porywania ( $w = 0,3-0,4$  m/s w całej strefie wydzielania zanieczyszczeń).

Analiza dotychczas wykonanych badań teoretyczno-eksperymentalnych układów wentylacji otwartych zbiorników wykazała, że zadanie to może skutecznie spełniać tylko układ wentylacji nawiewno-wywiewnej (Push-Pull Hood). Zdecydowano, że należy zweryfikować dotychczasowe wyniki badań układów wentylacji nawiewno-wywiewnej, dążąc do opracowania własnego rozwiązania, które, zapewniając skuteczne usuwanie zanieczyszczeń z powierzchni wanien, będzie równocześnie zużywać minimalną ilość powietrza wentylacyjnego. Takim rozwiązaniem może być wyposażenie wanien w system wentylacji, w którym dłuższe ich krawędzie uzbrojone są z jednej strony w nawiew osłaniający (zasłone powietrzną), a z drugiej strony w ssawkę wyciągową.

Z badań modelowych Baturina [2] wynika, że przy zastosowaniu systemu nawiewno-wyciągowego analogiczną skuteczność uzyskuje się za pomocą kilkukrotnie mniejszej ilości powietrza wentylacyjnego niż w systemie wyciągowym. Wiąże to się z mniejszym zużyciem energii oraz niższymi kosztami inwestycyjnymi.

System taki charakteryzuje się ponadto małą wrażliwością na wewnętrzne prądy powietrza występujące w halach przemysłowych, co zwiększa skuteczność lokalizowania wydzielających się zanieczyszczeń. Innym czynnikiem uzasadniającym zastosowanie systemu z nawiewem osłaniającym jest ograniczenie wpływu siły wyporu, wynikającej z różnicy temperatur między powierzchnią kąpeli i otoczeniem, na skuteczność wentylacji. Niekorzystnym przypadkiem jest stan, gdy prędkość unoszenia jest większa od prędkości porywania i cząstki zanieczyszczające wydostają się poza wannę. Nawiew osłaniający umożliwia "transport" wydzielających się zanieczyszczeń do otworu ssącego i zapobiega przedostawaniu się zanieczyszczeń do otoczenia hali. Należy również podkreślić, że wydzielanie zanieczyszczeń następuje także z powierzchni przedmiotów wyjmowanych z kąpeli, a sama operacja wyciągania powoduje zaburzenie ruchu powietrza nad powierzchnią wanny.

Składowa prędkość strumienia powietrza osłaniającego jest zwykle wyższa od prędkości zaburzającej - a więc nawiew osłaniający minimalizuje wpływ ruchów pionowych przedmiotów, zanurzanych i wynurzanych z kąpeli na skuteczność wentylacji.

Opracowanie prawidłowego systemu wentylacji wanien z nawiewem osłaniającym wymagało weryfikacji prezentowanych w literaturze przedmiotu metod obliczeniowych, z których dwie [2][3] jako najbardziej uniwersalne stanowiły treść wnikliwej analizy. Metody te oparte są na zasadzie równości strumienia pędu powietrza nawiewanego i strumienia pędu powietrza wywiewanego obliczanych w płaszczyźnie wlotowej do ssawki wyciągowej. Uwzględniają one wszystkie czynniki dla skutecznej pracy systemu, a przede wszystkim wymiary geometryczne wanien, temperaturę kąpeli i wzajemne

relację między strumieniem powietrza nawiewanego i usuwanego. Procedura obliczenia systemu wg [2] jest następująca:

1. Ustala się strumień powietrza odciganego  $\dot{V}_w$  na podstawie gęstości strumienia, tj. wskaźnika odniesionego do powierzchni wanny i równego  $0,5-0,75 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$ .

2. Oblicza się wysokość szczeliny ssącej w zależności od szerokości wanny B

$$H = B \cdot \text{tg } 10^\circ$$

3. Oblicza się strumień powietrza nawiewanego  $V_n$  z zależności:

$$\dot{V}_n = \frac{1}{B \cdot C} \cdot \dot{V}_w$$

gdzie współczynnik C jest funkcją szerokości wanny i dla B = 0-7 m przyjmuje wartość 6,0-3,0.

Kolejność obliczeń w metodzie [3] jest następująca:

1) Określa się średnią końcową prędkość w przekroju poprzecznym nawiewanego strumienia swobodnego  $C_x$  w zależności od szerokości wanny B, którą dla różnych temperatur kąpieli przyjmuje się od  $C_x = 0,5 B$  (dla  $t = 20^\circ\text{C}$ ) do  $c_x = B$  (dla  $t = 90^\circ\text{C}$ ).

2) Zakłada się wysokość szczeliny nawiewnej  $h = 0,01 B - 0,15 B$ .

3) Przyjmuje się osiową prędkość końcową strumienia nawiewanego  $w_x$  jako dwukrotną wartość  $C_x$

$$w_x = 2 C_x$$

4) Oblicza się prędkość w szczelinie nawiewnej  $w_n$  z zależności:

$$\frac{w_x}{w_n} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{mB}{h} + 0,41}}$$

gdzie liczbę mieszania "m" należy przyjąć z literatury.

5) Ustala się strumień powietrza nawiewanego:

$$\dot{V}_n = h \cdot l \cdot w_n$$

6) Oblicza się strumień powietrza będący w ruchu przed ssawką  $\dot{V}_{xn}$  z zależności:

$$\dot{V}_{xn} = 1,2 \dot{V}_n \sqrt{\frac{m \cdot B}{h} + 0,41}$$

7) Określa się strumień powietrza usuwanego  $\dot{V}_w$  równy lub nieco większy od strumienia będącego w ruchu przed wlotem:

$$\dot{V}_w = (1,1-1,25)\dot{V}_{xn} \quad \text{dla } t \geq 70^\circ\text{C}$$

$$\dot{V}_w = \dot{V}_{xn} \quad \text{dla } t < 70^\circ\text{C}$$

8) Ustala się wysokość szczeliny wyciągowej  $H$  przyjmując średnią prędkość w płaszczyźnie wlotowej:

$$w_s = (1-1,5)w_x$$

Analizując przedstawione algorytmy obliczeniowe można stwierdzić, że metoda [2] jest dużo prostsza w zastosowaniu praktycznym. Zaletą jej jest również jednoznaczne ustalenie wysokości szczeliny wyciągowej, wynikającej ze struktury płaskiego strumienia swobodnego. Pewną trudność może sprawiać prawidłowe ustalenie strumienia odciąganego na podstawie podanych wartości gęstości tego strumienia, choć zróżnicowanie to można przyjmując jako funkcję temperatury kąpieli.

Istotnym mankamentem jest natomiast brak wytycznych obliczenia wymiarów szczeliny nawiewnej. Jej wysokość ustala się na podstawie obliczonego strumienia powietrza nawiewanego i przyjętej wartości prędkości wylotowej.

Do zaprojektowania skutecznego nawiewu osłaniającego należy więc przyjąć którąś z metod obliczeniowych dla płaskich strumieni swobodnych. Może to decydować o skuteczności działania projektowanego systemu.

Metoda [3] jest bardziej rozbudowana i uwzględnia w sposób jednoznaczny większość istotnych czynników wpływających na skuteczną pracę systemu wentylacji. Źródłem błędów projektowych może być niewłaściwe przyjęcie wysokości szczeliny "h", co decyduje o wartościach prędkości nawiewu i wyciągu, strumieni powietrza nawiewanego i usuwanego oraz jako wartości wynikowej - wysokości ssawki wyciągowej. Ilustruje to tablica 1, w której zestawiono wyniki obliczeń układu wentylacji nawiewno-wywiewnej wg metody [3] dla wanny o długości  $L = 5$  m i szerokości  $B = 2,85$  m.

Tablica 1

$L \times B$	$t$	$h$	$w_n$	$\dot{V}_n$	$w_s$	$\dot{V}_w$	$H$
m x m	$^\circ\text{C}$	m	m/s	$\text{m}^3/\text{s}$	m/s	$\text{m}^3/\text{s}$	m
5 x 2,85	20	0,03	9,6	1,44	4,0	7,03	0,35
		0,33	3,38	5,07		8,66	0,43

Jak widać, dla szczeliny  $h = 0,3$  m ( $= 0,1$  B) nawiewa się ponad trzykrotnie więcej powietrza niż przez szczelinę  $h = 0,03$  m ( $= 0,01$  B), zaś

wysokość szczeliny wyciągowej  $H$  jest tylko niewiele większa, co wynika z nieco wyższej wartości strumienia powietrza wywiewanego.

Aby ocenić skuteczność obu wariantów, należy jednocześnie porównać szerokość płaskiego strumienia swobodnego po przebyciu drogi  $B = 2,85$  m z wysokością szczeliny wyciągowej. O ile przy szczelinie nawiewnej  $h = 0,03$  m wysokość szczeliny wywiewnej jest ponad jedenastokrotnie wyższa ( $0,35$  m) i umożliwia usunięcie całego strumienia powietrza poruszającego się nad powierzchnią kąpeli, to w drugim przypadku sytuacja jest bardziej niekorzystna: szerokość strumienia jest większa niż wysokość szczeliny. Powoduje to wypływ znacznej ilości zanieczyszczonego powietrza do pomieszczenia.

Ponadto przyjęcie średniej prędkości strumienia powietrza przed wlotem do ssawki w zależności od szerokości wanny ( $C_x = 0,5 B-B$ ) może prowadzić do znacznego przewymiarowania systemu. Szczególnie dla wanien o dużej szerokości i wysokiej temperaturze kąpeli. Wydaje się, że do stabilności strumienia osłaniającego wystarczy zapewnienie określonej stałej prędkości przed wlotem do ssawki, bez względu na szerokość wanny.

Analizę obu metod przeprowadzono porównując obliczenia dla 3 różnych wanien znajdujących się w ww. cynkowni. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabelicy 2, przyjmując wg [3] do obliczeń co najwyżej minimalną wysokość szczeliny nawiewnej.

Tabelica 2

L x B	t	h	metoda	$w_n$	$V_n$	$w_w$	$V_w$	H
m x m	°C	m		m/s	m <sup>3</sup> /s	m/s	m <sup>3</sup> /s	m
5 x 2,85	20 <sup>o</sup>	0,015	2	7,46	0,56	2,85	7,1	0,50
			3	13,6	1,02	$\frac{2,85}{4,3}$	7,0	$\frac{0,49}{0,33}$
5 x 2,85	60 <sup>o</sup>	0,03	2	3,73	0,56	2,85	7,0	0,50
			3	9,67	1,45	$\frac{2,85}{4,3}$	7,1	$\frac{0,50}{0,33}$
5 x 1,6	60 <sup>o</sup>	0,016	2	6,77	0,54	3,71	5,2	0,28
			3	9,45	0,76	$\frac{2,72}{4,1}$	3,79	$\frac{0,28}{0,18}$
5 x 1,6	75 <sup>o</sup>	0,016	2	7,3	0,58	4,0	5,6	0,28
			3	11,12	0,89	$\frac{3,2}{4,8}$	4,90	$\frac{0,31}{0,20}$

Z tabelicy wynika, że bardzo dobrą zgodność obu metod uzyskano przy obliczaniu strony wyciągowej przyjmując zgodnie z metodą [3] zalecaną minimalną prędkość w otworze wlotowym ( $w_w = w_x$ ). Przyjęcie wartości maksymal-

nej ( $w_w = 1,5 w_x$ ) jest bardziej uzasadnione, choć prowadzi do zmniejszenia wysokości ssawki. Powoduje to ograniczenie zasięgu jej oddziaływania na napływający strumień powietrza, tym bardziej że obliczeniowy strumień powietrza nawiewanego jest wyższy niż w metodzie [2]: może to w sposób znaczący obniżyć skuteczność działania systemu.

Przedstawiona analiza metod obliczeniowych stanowi podstawę opracowania prostego algorytmu pozwalającego jednoznacznie ustalić wartości wszystkich elementów wentylacji nawiewno-wyciągowej zdan wanien.

Aby obliczyć tą metodą system nawiewno-wywiewny, należy:

- 1) przyjąć prędkość w szczelinie nawiewnej

$$w_n = 10 \text{ m/s.}$$

- 2) przyjąć prędkość w osi strumienia po przeciwnej stronie wanny

$$w_x = 0,1-0,2 w_n.$$

- 3) wymiar szczeliny nawiewnej określić ze wzorów dla płaskiego strumienia swobodnego

$$\frac{w_x}{w_n} = \left( \frac{h}{m \cdot B} \right)^{0,5},$$

- 4) obliczyć strumień powietrza nawiewanego

$$V_n = w_n \cdot h \cdot l$$

- 5) ustalić wymiar szczeliny wyciągowej z zależności:

$$H = B \cdot \text{tg } 10^\circ$$

- 6) obliczyć strumień powietrza wywiewanego  $\dot{V}_w$ , przyjmując średnią prędkość w przekroju wlotowym do ssawki wyciągowej  $w_w = 1,2-1,5 w_x$

$$\dot{V}_w = w_w \cdot H \cdot l$$

Obliczenia przeprowadzone wg tego algorytmu dla takich samych wanien jak poprzednio i maksymalnych wartości prędkości  $w_x$  i  $w_w$  przedstawiono w tabelicy 3.

Tablica 3

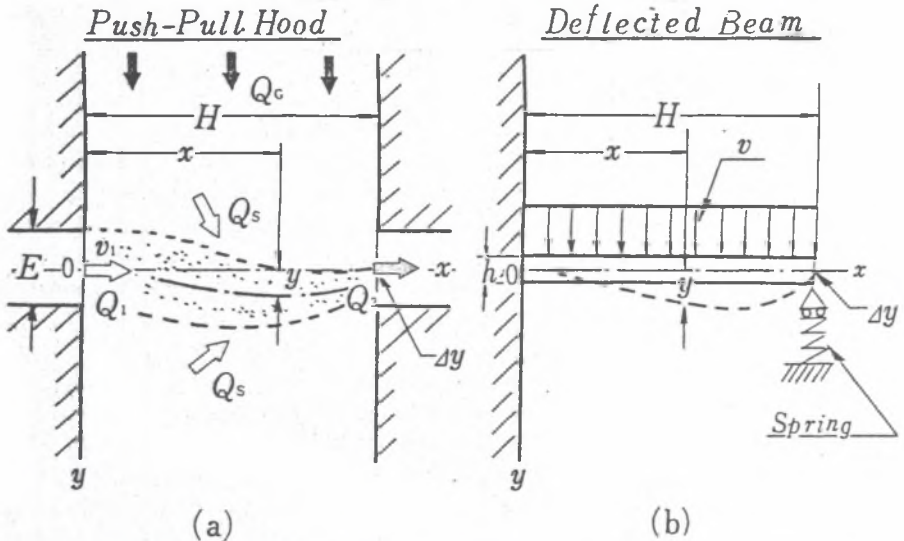
L x B	h	$w_n$	$\dot{V}_n$	$w_w$	$\dot{V}_w$	H	$\dot{V}_x$
m x m	m	m/s	m <sup>3</sup> /s	m/s	m <sup>3</sup> /s	m	m <sup>3</sup> /s
5 x 2,85	0,023	10	1,15	3	7,5	0,50	7,42
5 x 1,6	0,013	10	0,65	3	4,23	0,28	4,18

Jak wynika z przedstawionej tablicy, wyniki obliczeń są porównywalne z obliczeniami przedstawionymi w tablicy 2, zaś proponowany algorytm pozbawiony jakichkolwiek niejasności. Przyjęcie prędkości nawiewu  $w_n = 10$  m/s i założenie spadku prędkości w osi do 2 m/s winno zapewnić skuteczne osłonięcie powierzchni wanny i przesunięcie zanieczyszczeń do szczeliny wylotowej. Skierowanie strumienia powietrza nawiewanego w kierunku osi kąpeli nie spowoduje falowania powierzchni kąpeli ze względu na znaczny spadek jego prędkości osiowej do miejsca styku. Dobra zgodność wartości strumienia powietrza usuwanego  $\dot{V}_w$  oraz, obliczonego wg [1], strumienia powietrza poruszającego się przed wlotem do ssawki  $\dot{V}_x$  (przy większym strumieniu pędu powietrza w szczelinie ssącej) oraz uwzględnienie struktury płaskiego strumienia swobodnego przy obliczaniu wysokości szczeliny nawiewnej i ssącej mogą decydować o skutecznym działaniu systemu nawiewno-wywiewnego, obliczonego wg proponowanego schematu. Badania eksperymentalne prowadzone w Katedrze Techniki Ciepłej Politechniki Gdańskiej pozwolą zweryfikować proponowaną metodę, ustalić optymalną geometrię układu oraz właściwe wartości prędkości, zapewniające wysoką skuteczność projektowanego systemu z jednoczesnym uwzględnieniem problemów racjonalizacji zużycia energii i kosztów nakładów inwestycyjnych.

Istotnym zagadnieniem w opracowaniu koncepcji rozwiązania systemu wentylacji otwartych zbiorników jest określenie wpływu zakłóceń na strukturę przepływu strumienia powietrza: nawiewanego i usuwanego. W każdej z prezentowanych metod wpływ ten uwzględnia się przez przyjęcie podczas obliczeń projektowych odpowiednich wartości danych wyjściowych. Wybór optymalnych wartości tych wielkości wymaga pewnego doświadczenia i intuicji ze strony projektanta, bowiem zwykle podany jest szeroki ich przedział bez dodatkowego komentarza. Decyduje to o skutecznym funkcjonowaniu systemu lub stanowi przyczynę jego małej efektywności. Stąd podstawowym problemem jest znalezienie metody ilościowego określania zakłóceń struktury przepływu w układzie nawiewno-wywiewnym. Pozwoliłoby to precyzyjnie określić, dla każdego przypadku, wszystkie uwarunkowania mające istotny wpływ na skuteczność projektowanego systemu. W literaturze przedmiotu zaprezentowano szereg publikacji poświęconych tej tematyce. Należy zwrócić uwagę na pracę [4], obejmującą przegląd i weryfikację dotychczasowych badań układów nawiewno-wywiewnych (push-pull hoods), uzupełniony własnymi, interesującymi badaniami teoretyczno-eksperymentalnymi.

W ich wyniku opracowano metodę, w której wykorzystuje się analogię między kształtem linii osi strumienia nawiewanego a krzywą ugięcia belki.

Na rys. 1a przedstawiono kształt osi strumienia nawiewanego  $Q_1$ , wypływającego z prędkością  $v_1$  z otworu o wysokości  $E$ . Jest ona odchylana o wielkość  $y$  na drodze przepływu  $H$  (równej szerokości wanny), pod wpływem zaburzającego strumienia  $Q_G$  o prędkości  $v_G$ .



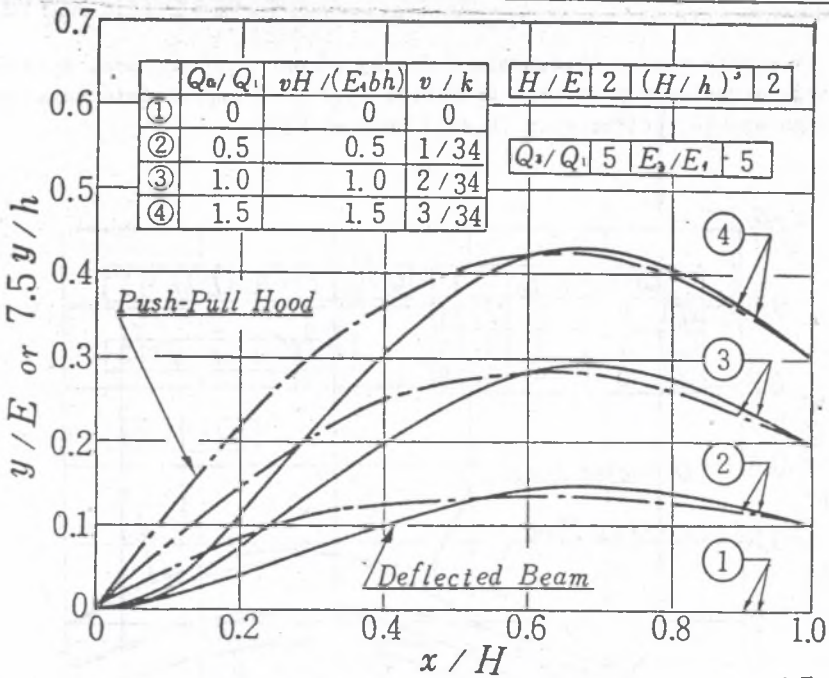
Rys. 1. Porównanie układu nawiewno-wywiewnego (a) z ugiętą belką podpartą sprężystości (b) [4]

Fig. 1. Comparison between a push-pull hood and a deflected beam [4]

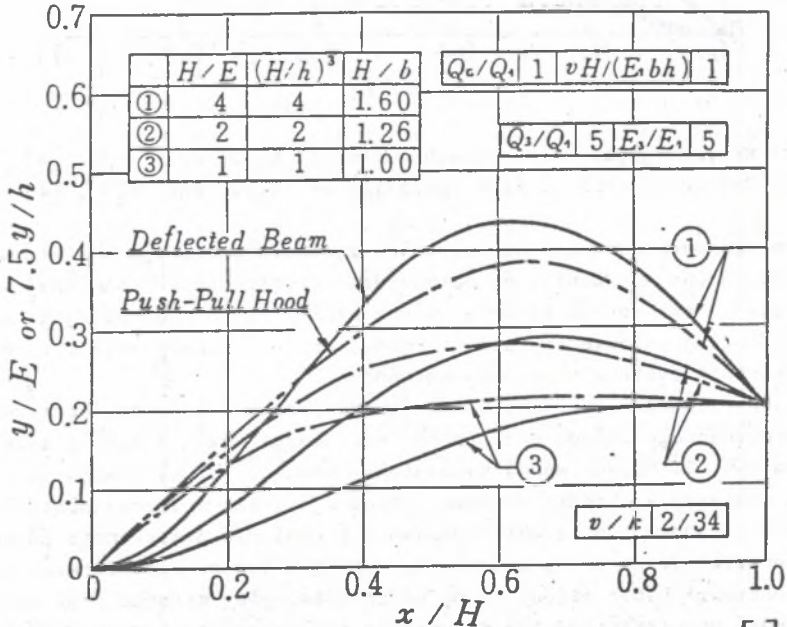
Na rys. 1b przedstawiono dla porównania kształt krzywej ugięcia belki o długości  $H$ , wysokości  $h$ , równomiernie obciążonej siłą jednostkową  $v$ , zamocowanej sztywno w jednym końcu i podpartej elastycznie na drugim. Moduł sprężystości belki podstawowej oznaczono przez  $E_1$ , zaś belki badanej - przez  $E_3$ .

Z tego porównania wynika, że charakterystyki przepływowe w układach nawiewno-wywiewnych można otrzymać wykorzystując równania krzywych ugięcia znanych z mechaniki ciała stałego. Potwierdzają to wyniki badań teoretycznych i eksperymentalnych przeprowadzonych dla różnych warunków, które zaprezentowano na załączonych rysunkach. Na rys. 2 przedstawiono porównanie linii osi strumienia nawiewanego  $Q_1$  przy różnych wartościach strumienia zaburzającego  $Q_G$ . Z krzywymi ugięcia belki przy zmieniającej się w tym samym stosunku obciążającej  $v$ . Zachowano przy tym stałą geometrię układu oraz bezwymiarowy strumień powietrza usuwanego ( $Q_3/Q_1$ ) i odpowiednio względny moduł sprężystości ( $E_3/E_1$ ). Na rys. 3 przedstawiono porównanie przebiegu obu linii przy zmiennej geometrii układu, tzn. zmianie względnej szerokości wanny ( $H/E$ ) i względnej długości belki ( $H/h$ ), zaś



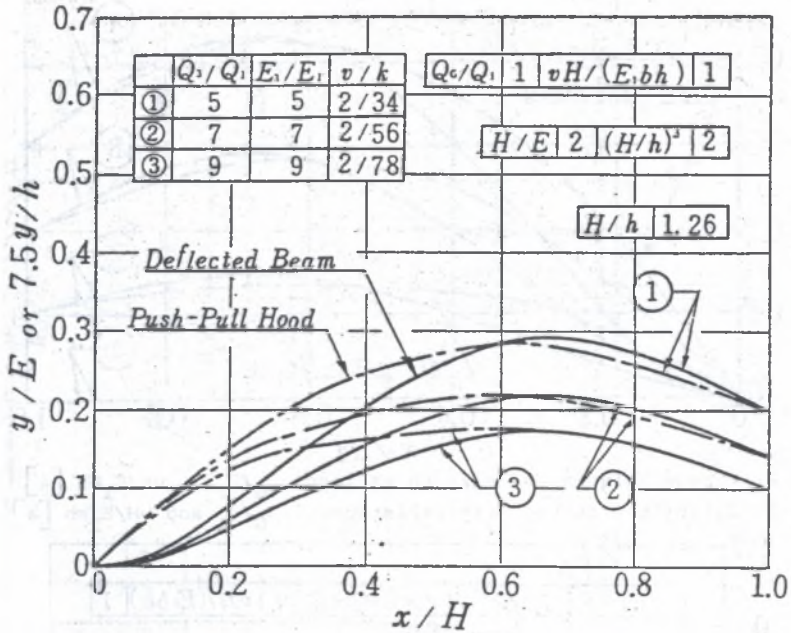


Rys. 2. Krzywe ugięcia dla różnych wartości  $Q_G/Q_1$  i  $vH/E_1bh$  [4]  
 Fig. 2. Deflection curves with variation of  $Q_G/Q_1$  and  $vH/E_1bh$  [4]



Rys. 3. Krzywe ugięcia dla różnych wartości  $H/E$  oraz  $H/h$  [4]  
 Fig. 3. Deflection curves with variation of  $H/E$  and  $H/h$  [4]

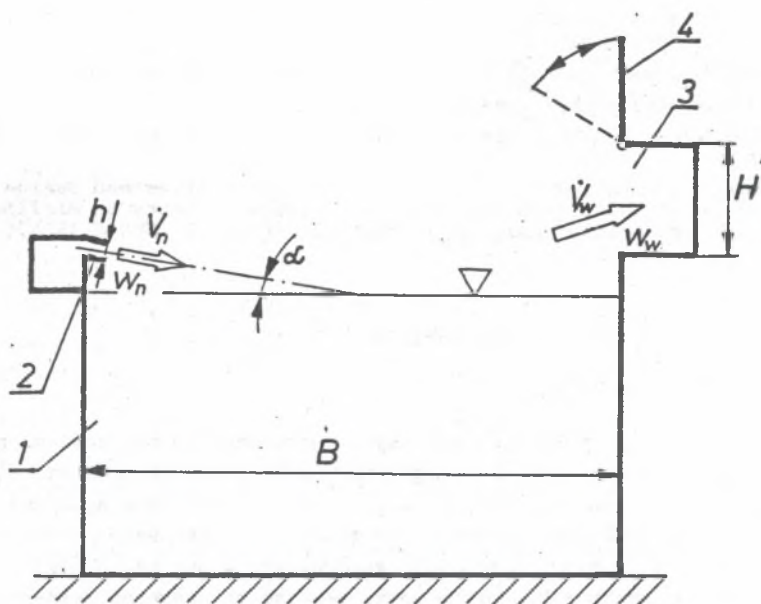
na rys. 4 - przy stałym obciążeniu i stałej geometrii, lecz przy zmianie względnego strumienia powietrza usuwanego ( $Q_3/Q_1$ ) i odpowiednio zmianie względnego modułu sprężystości ( $E_3/E_1$ ) badanej belki.



Rys. 4. Krzywe ugięcia dla różnych wartości  $Q_3/Q_1$  oraz  $E_3/E_1$  [4]  
 Fig. 4. Deflection curves with variation of  $Q_3/Q_1$  and  $E_3/E_1$  [4]

Z prezentowanych rysunków wynika dobra zgodność przebiegu obu krzywych bez względu na uwarunkowania, co potwierdza przydatność proponowanej metody obliczeń. Jest to tym bardziej zachęcające, że ta zgodność jest największa w drugiej połowie szerokości wanny, co jest szczególnie istotne dla efektywności systemu nawiewno-wywiewnego.

Analiza dotychczas stosowanych rozwiązań stanowiła podstawę opracowania zmodernizowanego układu skojarzonej wentylacji z nad waniem, przedstawionego na rys. 5. Wzdłuż wanny napełnionej cieczą 1 usytuowana jest szczelina nawiewna 2, której oś przecina oś symetrii wzdłużnej powierzchni cieczy w wannie. Takie ukierunkowanie strumienia nawiewanego zmniejsza jego wrażliwość na prądy poprzeczne wywołane siłą wyporu termicznego, zwiększa przewietrzenie części wanny po przeciwległej stronie oraz zmniejsza szerokość poruszającego się strumienia nad krawędziami wanny. Ułatwia to zlokalizowanie zanieczyszczonego powietrza przez ssawkę wyciągową 3.



Rys. 5. Schemat skojarzonego układu wentylacji nawiewno-wywiewnej dla otwartych zbiorników i wanien

1 - wanna napełniona cieczą, 2 - szczelina nawiewna, 3 - ssawka wywiewna, 4 - ruchomy okap osłaniający, B - szerokość wanny, h - wysokość szczeliny nawiewnej, H - wysokość otworu wywiewnego,  $V_n$  - strumień powietrza nawiewnego,  $V_w$  - strumień powietrza wywiewanego,  $w_n$  - prędkość powietrza w szczelinie nawiewnej,  $w_w$  - prędkość w płaszczyźnie otworu wywiewnego

Fig. 5. Diagram of combined push-pull ventilation system for open tanks and tubs

1 - a tank filled with liquid, 2 - push orifice, 3 - pull opening, 4 - movable shielding hood, B - width of tank, h - height of push orifice, H - height of pull opening,  $V_n$  - push flow volume,  $V_w$  - pull flow volume,  $w_n$  - push flow velocity,  $w_w$  - pull flow velocity

Skuteczność działania tej ssawki jest ponadto zwiększona poprzez zainstalowanie na jej górnej krawędzi ruchomego okapu osłaniającego 4. Kąt pochylecia okapu jest zależny od wielkości przedmiotów zanurzonych w kąpielu i ułatwia zlokalizowanie całego, zanieczyszczonego powietrza przez ssawki.

## LITERATURA

- [1] Malicki M.: Wentylacja i klimatyzacja. PWN, Warszawa 1980.
- [2] A C G J H: Industrial Ventilation. C J V, 1982.
- [3] Baturin V.V.: Fundamentals of Industrial Ventilation. Pergamon Press., 1972.
- [4] Shibaŕta M., Howell R.H., Hayashi T.: Characteristics and Design Method For Push-Pull Hoods (Part 1-Cooperation Theory on Airflow, Part 2 - Streamline Analyses of Push-Pull Flows). ASHRAE TRANS., 1982, Vol. 88.

## СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ ОТКРЫТЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

## Резюме

На Кафедре теплотехнического института разработана новая комбинированная система вентиляции для устранения вредных веществ, возникающих на поверхности резервуаров и чанов, содержащих жидкости, испускающие пропахивающие или ядовитые пары, аэрозоли и газы. Высота щели отсасывания, угол наклона ее оси и скорость приточного воздуха, так же, как и высота коробки отсасывания и величина струи вытяжного воздуха зависят от размеров резервуара, а так же от принципов, играющих определяющую роль для струй приточного и вытяжного воздуха при сохранении постоянства импульсной струи. Новая система вентиляции заявлена на патентирование.

## VENTILATION OF OPEN SURFACE TANKS

## Summary

At the Technical University of Gdańsk there has been worked out a conception of a new combined push-pull ventilation system for the removal of pollutants from open surface tanks filled up with fluids that give off vapours and gases of toxic effect.

The height of the supply port, the angle of inclination of its axis and the velocity of the supplied air as well as the height of the suction nozzle, and the magnitude of the removed polluted air stream are dependent upon the dimensions of the tank, the velocity of the turbulent disturbing stream, and laws governing the shaping of the supply and exhaust air streams provided that the momentum flux consistency is maintained.

The new push-pull ventilation system for removing pollution from the surface of open tanks has been registered to be patented.