

Stanisław GUMUŁA

Krzysztof FILEK

Akademia Górniczo-Hutnicza

w Krakowie

POPRAWA SPRAWNOŚCI UJMOWANIA ZANIECZYSZCZEŃ
W ODCIĄGACH MIEJSCOWYCH
POPURZEC ZAWIROWANIE ZASYSANYCH STRUG POWIETRZA

Streszczenie. W pracy pokazano metodę zawirowania zasysanej strugi poprzez zastosowanie dodatkowej - zawirowującej strugi powietrza. Przydatność wentylacyjną tego typu ssawek określono poprzez badanie eksperymentalne sprawności ujmowania zanieczyszczeń gazowych. Określono sprawność w zależności od ciężaru właściwego ujmowanych zanieczyszczeń gazowych, natężenia przepływu strugi zasysanej, strugi zawirowującej, odległości ssawki od źródła emisji, powierzchni źródła emisji, usytuowania źródła emisji względem ssawki oraz natężenia emisji źródeł zanieczyszczeń.

1. WPROWADZENIE

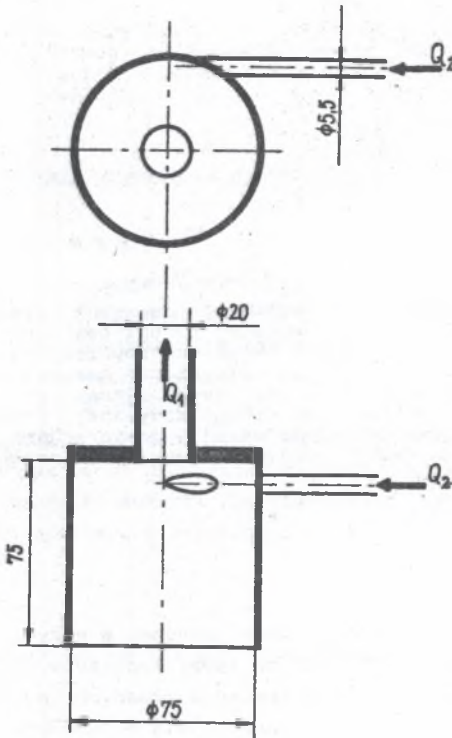
Zawirowane strugi płynów są bardzo rozpowszechnione, zarówno w przyrodzie, jak i technice. Pomimo to zasób wiadomości na temat tego typu przepływów jest stosunkowo skromny. Wiry powstają bowiem w trudnych do ścisłego sprecyzowania warunkach. Właściwości tych przepływów są uzależnione od warunków ich powstawania. Z kolei badania właściwości napotykają na szereg trudności technicznych [1, 2].

Próby zastosowań wirów powietrznych dla celów ochrony powietrza na stanowiskach pracy, podjęte w AGH w Krakowie, prowadziły poprzez poszukiwanie przydatnego do tego celu sposobu indukowania wirów oraz optymalizację tego sposobu z punktu widzenia wielkości osiągniętych efektów oraz energii potrzebnej do osiągnięcia tych efektów [3].

W przedstawianej pracy scharakteryzujemy jeden ze sposobów indukowania wiru oraz pokażemy, jakie daje rezultaty w zastosowaniu do wyłapywania zanieczyszczeń emitowanych do powietrza w procesach technologicznych.

2. METODA BADAŃ

Poszukiwania metod indukowania wiru przydatnego dla celów wentylacyjnych [3] doprowadziły do zbudowania ssawki pokazanej schematycznie na



Rys. 1. Schemat ssawki z zawirowaniem zasysanej strugi

Fig. 1. Diagram of exhaust with swirl air suction

rys. 1. Zawirowanie strugi zasysanej przez ssawkę (Q_1) odbywa się za pomocą dodatkowej strugi zawirowującej - (Q_2).

Przedstawiony kształt ssawki został ustalony na podstawie przebadanych ponad stu wariantów konstrukcyjnych różniących się wymiarami geometrycznymi poszczególnych elementów. Wybrany został jako optymalny z punktu widzenia największej możliwej do osiągnięcia intensywności zawirowania (największe podciśnienie, największa prędkość ruchu powietrza) oraz minimum energii kinetycznej dodatkowej strugi zawirowującej.

Wir jest przepływem trójwymiarowym o złożonym polu prędkości. Istnieje jednak jednoznaczny związek pomiędzy polem prędkości a polem ciśnień w wirze [1, 2]. Związek ten wynika z równań ruchu i pozwala na podstawie wielkości podciśnienia w wirze wnioskować o wielkości składowych wektora prędkości w tym przepływie. Pozwala zatem dość precyzyjnie charakteryzować przepływ jedyn-

nie poprzez pomiar panującego w nim podciśnienia. W przedstawianych wynikach badań podciśnienie wytwarzane przez ssawkę mierzone było w jej płaszczyźnie wlotowej i na jej osi symetrii, która to oś w tym przypadku pokrywała się z osią badanego przepływu. Mierzone podciśnienie określone było w zależności od natężeń przepływu strugi zasysanej - Q_1 oraz strugi dodatkowej zawirowującej - Q_2 .

Po scharakteryzowaniu właściwości aerodynamicznych badanej ssawki podjęto badania jej właściwości wentylacyjnych, które polegały na określaniu jej sprawności w ujmowaniu zanieczyszczeń.

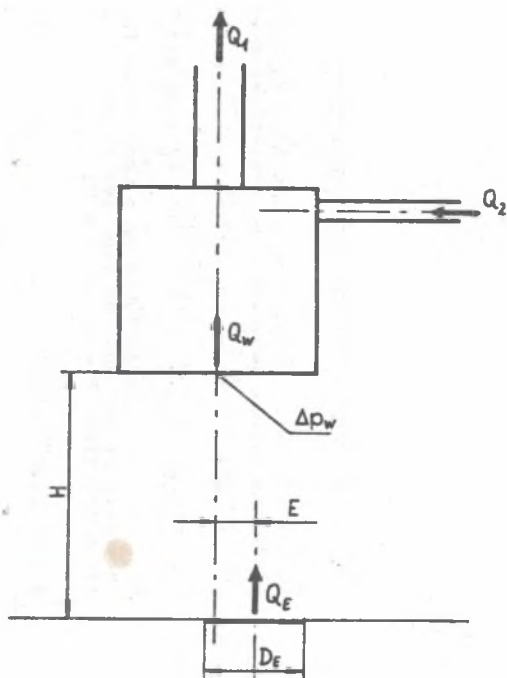
Sprawność określamy jako stosunek natężenia przepływu zanieczyszczeń wyłapanych przez ssawkę - Q_W do całkowitej ilości zanieczyszczeń emitowanych przez źródło - Q_E :

$$\eta = \frac{Q_W}{Q_E}$$

Zdefiniowaną w ten sposób sprawność określono eksperymentalnie dla dwóch gazów (lżejszego od powietrza amoniaku - NH_3 oraz cięższego od powietrza dwutlenku węgla - CO_2) w zależności od:

- natężeń przepływu powietrza Q_1 oraz Q_2 ,
- natężenia emisji zanieczyszczeń Q_E ,
- odległości płaszczyzny wlotowej ssawki od źródła emisji H ,
- średnicy źródła emisji zanieczyszczeń D_E ,
- odległości osi źródła emisji od osi ssawki (osie pionowe i równoległe) E .

Schemat układu pomiarowego pokazano na rys. 2.



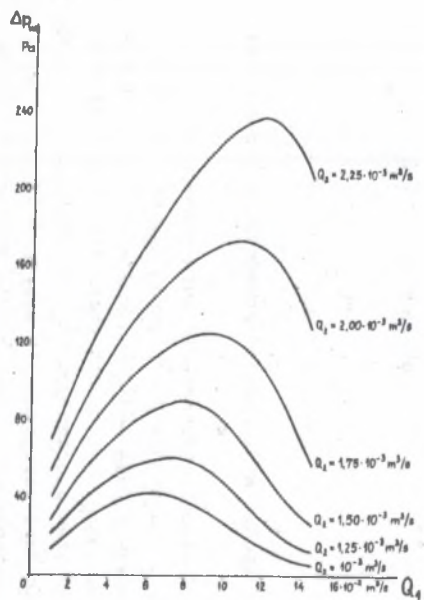
Rys. 2. Schemat układu pomiarowego
Fig. 2. Diagram of measurements connections

3. WYNIKI BADAŃ

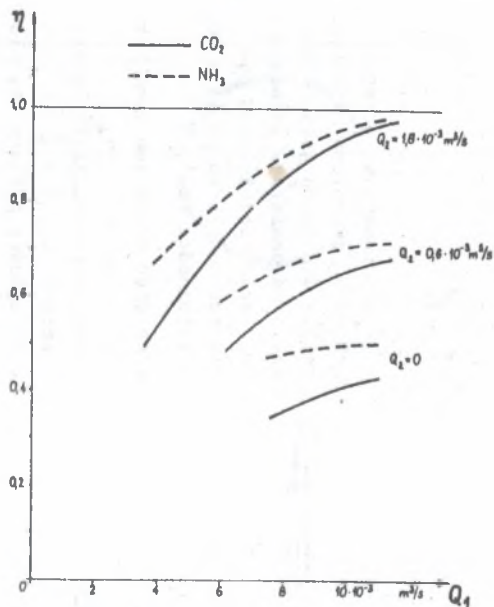
Dla zwiezłości i przejrzystości wyniki badań przedstawiamy w postaci graficznej.

Na rys. 3 przedstawiono wielkość podciśnienia wytwarzanego przez ssawkę wirową - Δp_w , w zależności od natężenia przepływu - Q_1 , przy różnych wartościach natężenia przepływu strugi zawirowującej - Q_2 . Na uwagę zasługuje fakt, że podciśnienie Δp_w wytwarzane przez ssawkę wirową nie jest monotoniczną funkcją natężenia przepływu Q_1 , co jest niemożliwe do uzyskania w ssawce bez zawirowania zasysanej strugi.

Rysunek 4 przedstawia zależność sprawności η dla obydwóch badanych gazów w funkcji natężenia przepływu Q_1 dla różnych wartości natężenia przepływu Q_2 . Krzywe sprawności dla natężenia przepływu $Q_2 = 0$ odpowiadają pracy ssawki bez zawirowania zasysanej strugi.



Rys. 3. Charakterystyka aerodynamiczna ssawki z zawlirowaniem zasysanej strugi
 Fig. 3. Aerodynamical characteristic of exhaust with swirl air suction



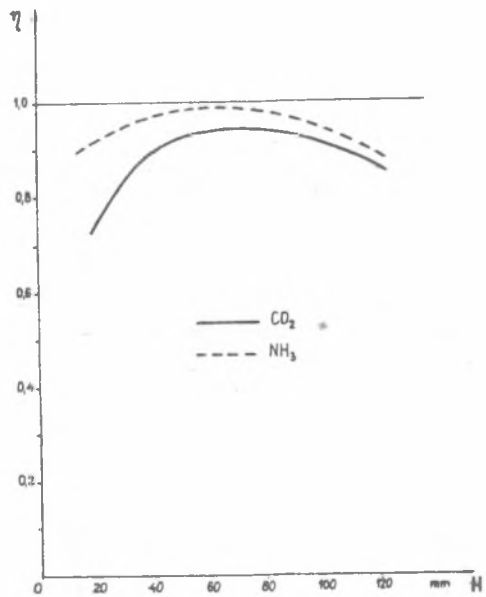
Rys. 4. Sprawność ssawki w zależności od natężeń przepływu strugi zasysanej Q_1 i zawlirowanej Q_2
 ($H = 80$ mm; $E = 0$; $Q_{E,NH_3} = 0,29 \cdot 10^{-4}$ m³/s;

$$Q_{E,CO_2} = 1,10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}; D_E = 40 \text{ mm})$$

Fig. 4. Exhaust efficiency as a dependence from intensity of air suction flow and intensity of air swirl flow ($H = 80$ mm; $E = 0$; $Q_{E,NH_3} =$

$$= 0,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}; Q_{E,CO_2} = 1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s};$$

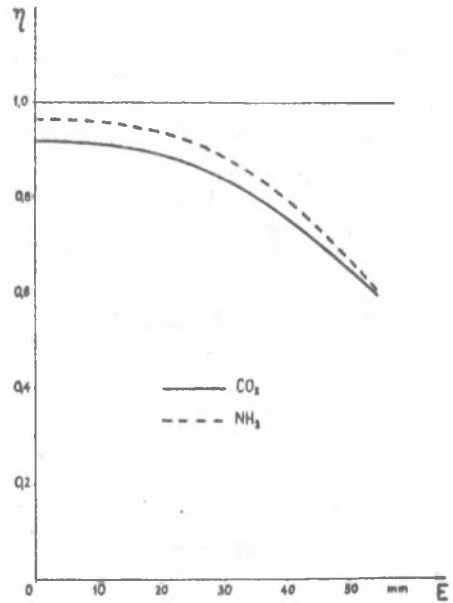
$$D_E = 40 \text{ mm})$$



Rys. 5. Zależność sprawności ssawki od odległości: płaszczyzna wlotowa ssawki - źródło emisji zanieczyszczeń; ($E = 0$; $Q_{E,NH_3} = 0,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$;

$$Q_{E,CO_2} = 1,19 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}; D_E = 40 \text{ mm})$$

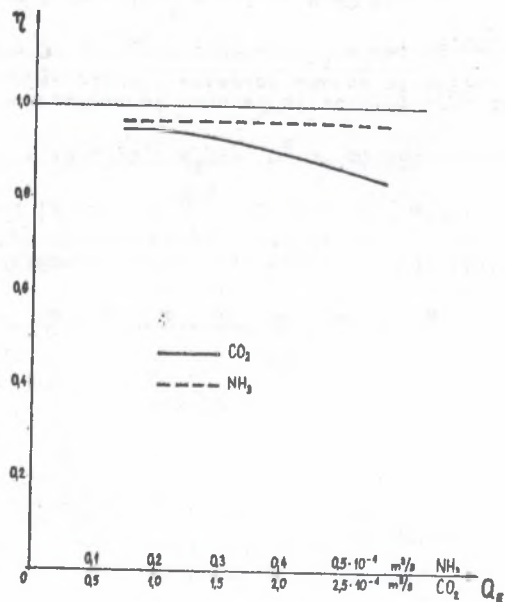
Fig. 5. Dependence of exhaust efficiency from distance: inlet plane - emission source of pollution: ($E = 0$; $Q_{E,NH_3} = 0,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{E,CO_2} = 1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$; $D_E = 40 \text{ mm}$)



Rys. 6. Zależność sprawności ssawki od odległości: osi ssawki od osi źródła emisji zanieczyszczeń E ($H = 80 \text{ mm}$; $Q_{E,NH_3} = 0,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{E,CO_2} =$

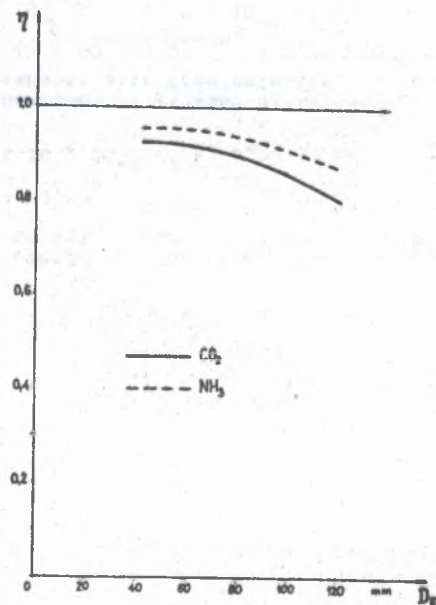
$$= 1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}; D_E = 40 \text{ mm})$$

Fig. 6. Dependence of exhaust efficiency from distance of exhaust axis from emission source of pollution: ($H = 80 \text{ mm}$; $Q_{E,NH_3} = 0,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{E,CO_2} = 1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$; $D_E = 40 \text{ mm}$)



Rys. 7. Zależność sprawności ssawki od natężenia źródła emisji Q_E ; ($H = 80$ mm; $H = 0$; $D_E = 40$ mm)

Fig. 7. Dependence of efficiency of exhaust from intensity of emission source ($H = 80$ mm; $E = 0$; $D_E = 40$ mm)



Rys. 8. Zależność sprawności pracy ssawki od średnicy źródła emisji zanieczyszczeń D_E ; ($H = 80$ mm; $Q_{E,NH_3} = 0,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{E,CO_2} = 1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$)

Fig. 8. Dependence of exhaust efficiency from emission source diameter: ($H = 80$ mm; $E = 0$; $Q_{E,NH_3} = 0,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{E,CO_2} = 1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$)

Rysunek 4 przedstawia zależność sprawności η dla obydwóch badanych gazów w funkcji natężenia przepływu Q_1 dla różnych wartości natężenia przepływu Q_2 . Krzywe sprawności dla natężenia przepływu $Q_2 = 0$ odpowiadają pracy ssawki bez zawirowania zasysanej strugi.

Zależność sprawności η od odległości płaszczyzny wlotowej ssawki od źródła emisji zanieczyszczeń H pokazuje rys. 5. Przedział zmienności krzywej, w którym sprawność maleje ze wzrostem odległości H , nie budzi zdziwienia. Trudno natomiast wytłumaczyć istnienie przedziału zmienności H , w którym przybliżanie ssawki do źródła emisji powoduje spadek sprawności ujmowania zanieczyszczeń.

Jak na sprawność pracy ssawki wirowej wpływa jej niewspółosiowe ustawienie w stosunku do źródła emisji zanieczyszczeń - E , ilustruje rys. 6.

Rysunek 7 przedstawia sprawność pracy ssawki w zależności od natężenia wypływu gazu ze źródła emisji - Q_E . Jak widać z rysunku, w dość dużym przedziale zmian natężenia emisji ma miejsce niezależność sprawności od natężenia emisji.

Z kolei ostatni już rys. 8 pokazuje wpływ średnicy źródła emisji zanieczyszczeń - D_E na sprawność ssawki. Rysunek uwidacznia, że ssawka wirowa zachowuje wysoką sprawność również i w sytuacji, gdy średnica źródła zanieczyszczeń jest większa od płaszczyzny wlotowej ssawki.

4. PODSUMOWANIE

Ssawka z zawirowaniem zasysanej strugi pozwala poprawić sprawność ujmowania zanieczyszczeń o sto, a nawet więcej procent.

Charakterystyki aerodynamiczne ssawki wykazują niemonotoniczność, co oznacza, że najsilniejsze zawirowania występują przy ściśle określonej proporcji natężeń przepływu strugi zasysanej i zawirowującej.

Krzywe sprawności posiadają ten sam charakter dla gazu lżejszego i cięższego od powietrza.

Zależność sprawności ssawki w funkcji jej odległości od źródła emisji posiada swoje maksimum, co wskazuje na konieczność poszukiwania jej najkorzystniejszego ustawienia względem źródła emisji zanieczyszczeń.

Wpływ na sprawność pracy ssawki posiadają niewspółosiowość jej ustawienia względem źródła zanieczyszczeń, natężenie emisji zanieczyszczeń oraz średnica źródła emisji zanieczyszczeń. Wszystkie te trzy zależności opisują funkcje monotonicznie malejące.

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

Q_1 - natężenie przepływu strugi zasysanej przez ssawkę

Q_2 - natężenie przepływu strugi zawirowującej

- Q_E - natężenie emisji ze źródła zanieczyszczeń
 Q_W - natężenie przepływu zanieczyszczeń wyłapanych przez ssawkę
 Δp_W - podciśnienie wytwarzane przez ssawkę (mierzone pośrodku jej płaszczyny wlotowej)
 η - sprawność pracy ssawki
 H - odległość płaszczyny wlotowej ssawki od płaszczyny źródła emisji zanieczyszczeń
 E - odległość osi ssawki od osi źródła emisji zanieczyszczeń (niewspółosiowość)
 D_E - średnica źródła emisji zanieczyszczeń

LITERATURA

- [1] Gumuła S.: O pewnych właściwościach wiru powietrznego w aspekcie wykorzystania tego zjawiska w wentylacji górniczej. Zeszyty Naukowe AGH. Seria Górnictwo. Z. 108. Kraków 1981.
- [2] Gumuła S.: O właściwościach wirów powietrznych z punktu widzenia zastosowań wentylacyjnych. Zeszyty Naukowe AGH. Kwartalnik Górnictwo. 1985, z. 3.
- [3] Urządzenia wentylacji miejscowej wykorzystujące wir powietrzny. Praca zbiorowa wykonana w AGH w Krakowie na zlecenie "Barowent" Katowice. Kraków 1987.

УЛУЧШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАХВАТА ЗАГРЯЗНЕНИЙ В МЕСТНЫХ ОТСОСАХ
 ПУТЕМ ВИХРЕЙ ЗАСАСЫВАЕМЫХ СТРУЙ ВОЗДУХА

Р е з ю м е

Эффективность захвата загрязнений местными отсосами часто является неудовлетворительной. Это вытекает из факта резкого падения скорости засасывания, связанного с ростом расстояния от воздухососа. Радикального увеличения дальности засасывания можно добиться путем вихрей засасываемых струй.

В работе представлен метод вихрей засасываемой струи путем применения вспомогательной - вихрирующей струи воздуха. Представлена тоже конструкционная схема воздухососа и ее аэродинамические характеристики, определяющие вакуумметрическое давление создаваемое воздухососом в зависимости от расхода засасываемой струи воздухососом и в зависимости от вихрирующей струи.

Вентиляционная пригодность этого типа воздухососов определялась экспериментальным исследованием эффективности захвата газовых загрязнений. Эффективность была определена в зависимости от удельного веса газовых загрязне-

ний, расхода засасываемой струи, вихрирующей струи, расстояния воздуховода от источника эмиссии, расположения источника эмиссии по отношению к воздуховоду и интенсивности эмиссии источников загрязнения. Эксперименты доказали, что эффективность захвата газовых загрязнений воздуховодами при завихрировании засасываемых струй на 100% выше, чем без их завихрирования.

IMPROVEMENT OF A POLLUTION CLEANING EFFICIENCY
 INTO LOCAL EXHAUSTERS THROUGH THE WHIRL OF SUCKED
 AIR STREAMS

S u m m a r y

In the paper it has been presented a method of whirl of sucked air stream by taking in consideration a supplementary, whirling air stream.

A ventilation usability of this kind of suction nozzles has been defined on experimental way, carrying out investigations of efficiency of gas pollution cleaning.

It has although been done investigations of an efficiency depending on specific gravity of cleaning gas pollutions flow intensity of sucked stream, whirling stream, distance of a nozzle from the source of emission, its surface, position of the source, toward the suction nozzle, and emission intensity of pollution sources.