

Regina R. Usmanova<sup>1\*</sup> and Gennady E. Zaikov<sup>2</sup>

## Ecological safety of the production technology of synthetic rubber

*Actions for decrease in gas exhausts of flares in synthetic rubber production are developed. The device is developed for wet purification of the gas exhausts, confirmed high degree of purification both in laboratory, and in industrial conditions. Was implemented layout scheme of the for the production of gas purification of synthetic rubber. The complex of the made researches has formed the basis for designing of system of purification of air of industrial premises. Burning of gas exhausts on flares has allowed reducing pollution of air basin by toxic substances considerably.*

**Key words:** synthetic rubber; purification of gas exhausts; a flare; a dynamic scrubber

### 1. Introduction

Hydrocarbons and their derivatives fall into the basic harmful exhausts of the petrochemical and oil refining enterprises. Actions for decrease in their pollutions are directed on elimination of losses of hydrocarbons at storage and transportation, and also on perfection of the control over hermetic sealing of the equipment and observance of a technological regime [1].

At many oil refining and petrochemical enterprises operate flares. They are intended for combustion formed at start-up of the equipment and in a process of manufacture of the gases, which further processing, is economically inexpedient or impossible. To flares make following demands:

- The completeness of burning excluding formation of aldehydes, acids and harmful products;
- Safe ignition, noiselessness and absence of a bright luminescence;
- Absence of a smoke and carbon black;
- Stability of a torch at change of quantity and composition of gas exhausts.

Burning of gas exhausts on flares allows reducing pollution of air basin by toxic substances considerably. However salvaging of waste gases of the oil refining and petrochemical enterprises on flares is not a rational method of protection of environment. Therefore, it is necessary to provide decrease in exhausts of gases on a torch. Application of effective systems of purification of gas exhausts result in to reduction of number of torches at the petrochemical enterprises [2].

Actions for protection of air basin yes the oil refining and petrochemical enterprises should be directed on increase of culture of production; strict observance of a technological mode; improvement of technology for

the purpose of gas-making decrease; the maximum use of formed gases; reduction of losses of hydrocarbons on objects of a manufacturing economy; working out and improvement of a quality monitoring and purification of pollutions.

### 2. Engineering design and experimental researches of new apparatuses for gas clearing

Dynamic gas washer, according to fig. 1, 2, contains the vertical cylindrical case with the bunker gathering slime, branch pipes of input and an output gas streams. The device is equipped with a rotary vortex generator and a central tube for feeding the scrubbing liquid. The centrifugal forces arising during rotation of the rotor, provide for crushing small liquid drops, which causes

**Usmanova Regina Ravilevna, PhD**, She is currently Associate Professor of the Chair of Strength of Materials at the Ufa State Technical University of Aviation in Ufa, Bashkortostan, Russia. E-mail: Usmanovarr@mail.ru

**Prof. Gennady E. Zaikov, DSc**, is Head of the Polymer Division at the N. M. Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. E-mail: chembio@sky.chph.ras.ru



<sup>1</sup> Ufa State Technical University of Aviation; 12 Karl Marks str., Ufa 450100, Bashkortostan, Russia

\* E-mail: Usmanovarr@mail.ru

<sup>2</sup> N.M.Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin str., Moscow 119334, Russia. E-mail: chembio@sky.chph.ras.ru



Figure 1. Experimental installation „Dynamic gas washer”

intensive contact between gas and liquid particles. Due to the action of centrifugal forces, intensive mixing of gas and liquid and the presence of large interfacial surface contact takes place an effective cleaning of the gas in the foam layer.

Dynamic gas washer works as follows [3]:

The gas stream containing mechanical or gaseous impurity, acts on a tangential branch pipe in the ring

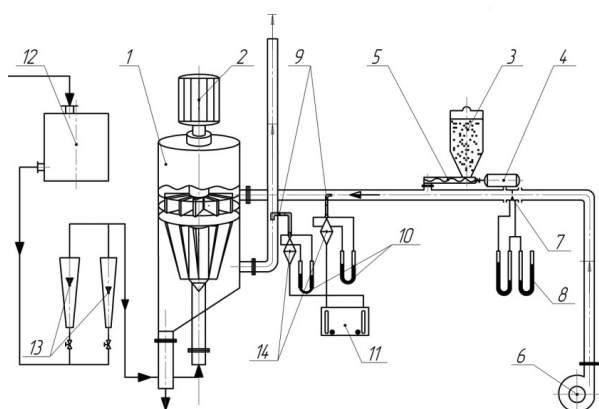


Figure 2. Scheme of the experimental equipment: 1 – scrubber; 2 – the actuator; 3 – bunker dust; 4 – the electric motor; 5 – screw feeder; 6 – fan; 7 – the diaphragm; 8, 10 – differential pressure gauges; 9 – the samplers; 11 – the aspirator; 12 – pressure tank; 13 – flow meters; 14 – the samplers

space formed by the case and rotor. The liquid acts in the device by means of an axial branch pipe. At dispersion liquids, the zone of contact of phases increases and, hence, the effective utilization of working volume of the device takes place more. The aim was to determine the hydraulic resistance of irrigated unit when changing loads on the phases. The calculations take into account the angular velocity of rotation of the rotor blades and the direction of rotation of the swirl [4].

### 3. Clearing of gases of a dust in the industry

At the oil flares operate refining enterprise «Synthetic rubber», in Bashkortostan. They are intended for combustion formed at start-up of the equipment and in a process of manufacture of gases, (fig. 3 see).

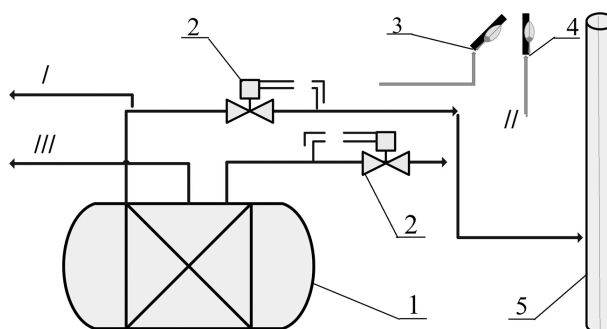


Figure 3. The schema of a flare with scrubber dynamic: 1 – scrubber dynamic; 2 – governor valves; 3 – the igniter; 4 – a pilot-light burner; 5 – a torch pipe / – waste gas; // – fuel gas; /// – a condensate

The dynamic scrubber is developed for decrease in gas exhausts of flares in synthetic rubber production.

The temperature of the gas kiln to heat recovery boiler 500-600°C, after the recovery boiler to 250°C. The average chemical composition of the flue gases (by volume): 17% CO<sub>2</sub>; 16% N<sub>2</sub>; 67% CO. In addition, the gas contains up to 70 mg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>; 30 mg/m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>S; 200 mg/m<sup>3</sup> F and 20 mg/m<sup>3</sup> Cl. Dust content the gas outlet from the converter comes to 200 g/m<sup>3</sup>. Dusts, as the during retraction of gas with afterburning of carbon monoxide, consists of the same the components but has a different content of higher iron oxides. It contains less than 1 micron particle size than the a dusty gas generated by post-combusting carbon monoxide. Afterburning of gas temperature rises and occurs in the conversion of an additional pairs of oxides. Before sending a cleaning gas, carbon monoxide afterburning is performed in a special chamber. Dust content of the purified furnace gas must not exceed 4 mg/m<sup>3</sup>. To clean the dust from the blast furnace gas is used the following scheme (fig. 4 see).

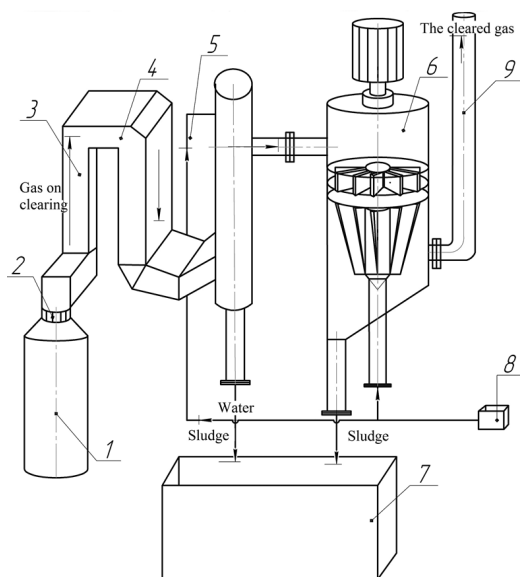


Figure 4. Process flow sheet of clearing of gas emissions: 1 – a flare; 2 – water block; 3 – raiser; 4 – downtaking duct; 5 – centrifugal scrubber; 6 – scrubber dynamic; 7 – forecastle of gathering of sludge; 8 – hydraulic hitch; 9 – chimney

Gas from a furnace mouth of a baking oven 1 on gas pipes 3 and 4 is taken away in the gas-cleaning plant. In raiser and down taking duct gas is chilled, and the largest corpuscles of a dust, which in the form of sludge are trapped in the inertia sludge remover, are inferred from it. In a centrifugal scrubber 5 blast-furnace gas is cleared of a coarse dust to final dust content 5-10 mg/m<sup>3</sup> the dust drained from the deduster loading pocket periodically from a feeding system of water or steam for dust moistening. The final cleaning of the blast-furnace gas is carried out in a dynamic spray scrubber where there is an integration of a finely divided dust. Most the coarse dust and drops of liquid are inferred from gas in the inertia mist eliminator. The cleared gas is taken away in a collecting channel of pure gas 9, whence is fed in an aerosphere. The clarified sludge from a gravitation filter is fed again on irrigation of apparatuses. The closed cycle of supply of an irrigation water to what in the capacity of irrigations the lime milk close on the physical and chemical properties to composition of dusty gas is applied. A result of introduction of a pilot plant dedusting maximum dust emissions released into the atmosphere decreased from 3950 mg/m<sup>3</sup> to 840 mg/m<sup>3</sup>. Dust emissions from sources of lime production decreased from 4.800 tons/year up to 1300 tons/year.

Such method gives the chance to make gas clearing in much smaller quantity, demands smaller capital and

operational expenses, reduces an atmospheric pollution and allows to use water-recycling system [5].

Table 1. Results of posttest examination

Compound	Concentration at the inlet, g/m <sup>3</sup>	Concentration after clearing, g/m <sup>3</sup>
Dust	0.02	0.00355
NO <sub>2</sub>	0.10	0.024
SO <sub>2</sub>	0.03	0.0005
CO	0.01	0.0019

## 4. Conclusion

- The solution of an actual problem on perfection of complex system of clearing of gas emissions and working out of measures on decrease in a dustiness of air medium of the industrial factories for the purpose of betterment of hygienic and sanitary conditions of work and decrease in negative affecting of dust emissions given.
- Designs on modernization of system of an aspiration of smoke gases of of a flare with use of the new scrubber which novelty is confirmed with the patent for the invention are devised. Efficiency of clearing of gas emissions is raised. Power inputs of spent processes of clearing of gas emissions at the expense of modernization of a flowchart of installation of clearing of gas emissions are lowered.
- Ecological systems and the result of the implementation of the recommendations is to a high degree of purification of exhaust gases and improve the ecological situation in the area of production. The economic effect of the introduction of up to 3 million rubles/year.

## References

1. P.S. Belov, I.A. Golubeva, S.A. Nizova, *Production ecology chemicals from petroleum hydrocarbons and gas*, Moscow: Chemistry, 1991, 256 p.
2. V.V. Tetelmin, V.A. Jazev, *Environment protection in the oil and gas complex*, Dolgoprudnyj: Oil and gas engineering, 2009, 352 p.
3. Usmanova, R.R., *Dynamic gas washer. Patent for the invention of the Russian Federation No 2339435*. 20 November 2008. The bulletin No 33.
4. V.S. Shvydky, M.G. Ladygichev, *Clearing of gases. The directory*, Moscow: Heat power engineering, 2002, 640 p.
5. V. Straus, *Industrial clearing of gases* Moscow: Chemistry, 1981, 616 p.



Regina R. Usmanova, Gennady E. Zaikov

## Ecological safety of the production technology of synthetic rubber (tłumaczenie)

### Bezpieczeństwo ekologiczne w technologii produkcji kauczuku syntetycznego

*Przedstawiono działania mające na celu obniżenie emisji odpadów gazowych z instalacji w przemyśle kauczuku syntetycznego. Opracowano urządzenie do mokrego oczyszczania gazowych odpadów produkcyjnych zapewniające wysoki stopień ich oczyszczenia zarówno w laboratorium, jak i w warunkach przemysłowych. Zrealizowano projekt układu oczyszczania gazów pochodzących z produkcji kauczuku syntetycznego. Podstawą do zaprojektowania systemu oczyszczania powietrza w pomieszczeniach przemysłowych były kompleksowe badania naukowe. Spalanie odpadów gazowych w pochodniach gazowych pozwoliło na znaczne zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza substancjami toksycznymi.*

**Słowa kluczowe:** kauczuk syntetyczny, oczyszczanie gazów wylotowych, pochodnia gazowa, płuczka dynamiczna

## I. Wstęp

Węglowodory i ich pochodne mają główny udział w szkodliwych odpadach z przemysłu petrochemicznego i przerobu ropy naftowej. Działania mające na celu zmniejszenie wywołanego nimi skażenia są ukierunkowane na eliminację pozostałości węglowodorów w przechowywaniu i transportowaniu, jak również na perfekcyjną kontrolę hermetyczności wszystkich uszczelnień wyposażenia i na przestrzeganie reżimu technologicznego.

W przemyśle rafinacyjnym i petrochemicznym działają pochodnie gazowe. Mają one na celu ukierunkować spalanie na początku procesu. W dalszym procesie przetwarzania gazów stosowanie pochodni jest ekonomicznie niecelowe lub niemożliwe.

Stosowanie pochodni gazowych musi sprostać następującym wymaganiom:

- Całkowite spalanie wykluczające powstawanie formaldehydów, kwasów i szkodliwych produktów,
- Zapobieganie niekontrolowanemu zapłonowi, spalanie powinno być bezgłośnie, nie dawać jasnej luminescencji,
- Nieobecność dymu i sadzy,
- Stabilność palnika w czasie zmian ilości i składu wydalaných gazów.

Spalanie odpadów gazowych w pochodniach pozwala wydawnie zmniejszyć zanieczyszczenie powietrza przez toksyczne substancje. Jednakże spalanie odpadów gazowych z przemysłu w taki sposób nie jest racjonalną metodą ochrony środowiska. Dlatego też konieczne jest zapewnienie zmniejszenia ilości gazów kierowanych do palników. Zastosowanie efektywnego systemu oczyszczania gazów odlotowych daje w rezultacie redukcję ilości palników wykorzystywanych w przedsiębiorstwach petrochemicznych [2].

Działania w celu ochrony atmosfery środowiska, tak w przemyśle rafinacji nafty, jak i petrochemicznym, powinny być skierowane na podwyższenie kultury produkcji, dokładną obserwację trendów technologicznych, udoskonalanie technologii w celu zmniejszenia ilości i maksymalnego wykorzystania powstałych gazów, zmniejszenie strat węglowodorów w procesie technologicznym, opracowywanie i doskonalenie jakości monitoringu oraz eliminowanie zanieczyszczeń.

## 2. Projekt inżynierski i badania eksperymentalne nowej aparatury do oczyszczania gazu

Dynamiczna płuczka gazu, zgodnie z rys. 1 i 2, zawiera pionowy cylindryczny zbiornik z pojemnikiem gromadzącym szlam oraz przyłącza strumieni gazu wchodzącego i wychodzącego. Urządzenie jest wyposażone w obrotowy generator wywołujący wirowanie i centralną rurę do doprowadzania cieczy płuczającej. Siły odśrodkowe powstające podczas rotacji wirnika umożliwiają powstawanie drobnych kropli cieczy, co powoduje intensywny kontakt między gazem a cząstkami cieczy. Związane z działaniem sił odśrodkowych intensywnie mieszanie gazu i cieczy oraz duża powierzchnia kontaktu międzyfazowego powodują skuteczne oczyszczanie gazu w warstwie piany.

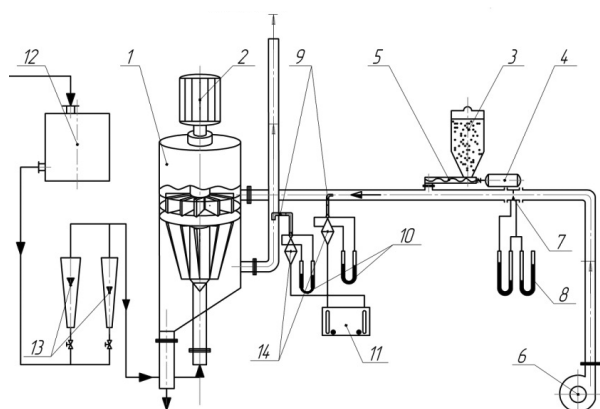
Dynamiczna płuczka gazu działa następująco [3]: strumień gazu zawierający mechaniczne bądź gazowe zanieczyszczenia wpływa stycznie przyłączem do przestrzeni kołowej utworzonej przez ściany naczynia i rotor. Strumień cieczy wpływa do instalacji przez osiowe przyłącze. W zdyspergowanej cieczy zwiększa się strefa kon-



Rysunek 1. „Dynamiczna płuczka gazu” – instalacja doświadczalna

taktu międzyfazowego, stąd efekt oczyszczania jest większy.

Nowość wynalazku polega na zwiększeniu skuteczności oczyszczania gazu z mechanicznych i gazowych zanieczyszczeń poprzez bardziej efektywne wykorzystanie siły odśrodkowej do zwiększenia powierzchni kontaktu pomiędzy fazami.



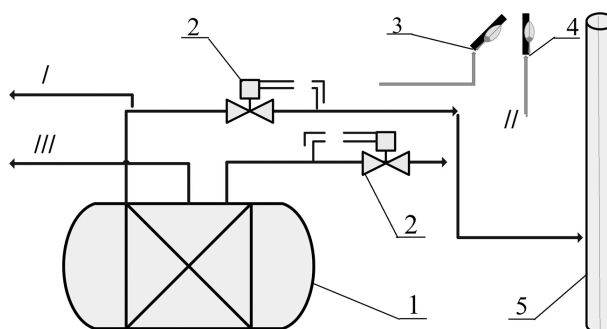
Rysunek 2. Zaprojektowany układ eksperymentalnej instalacji: 1 – płuczka; 2 – silownik; 3 – zbiornik pyłu; 4 – silnik elektryczny; 5 – podajnik śrubowy; 6 – wentylator; 7 – membrana; 8, 10 – manometry różnicowe; 9, 14 – urządzenia do pobierania próbek; 11 – wsysacz; 12 – zbiornik ciśnieniowy; 13 – przepływomierze

Konieczne było określenie hydraulicznego oporu urządzenia do nawadniania gdy zmienia się skład faz (obciążenie). Do obliczeń wykorzystano graniczne prędkości rotacji łopatek wirnika i kierunek rotacji wiru [4].

### 3. Oczyszczanie gazów z pyłu w przemyśle

W Baszkortostanie (inaczej Baszkiria) wykorzystuje się pochodnie gazowe w instalacji rafinacyjnej przedsiębiorstwa „Kauczuk syntetyczny” Proces spalania jest prowadzony na początku produkcji i w czasie przeróbki gazów, rys. 3.

Płuczkę dynamiczną zastosowano w celu zmniejszenia ilości pochodni gazowych dla gazów wylotowych w produkcji kauczuku syntetycznego.



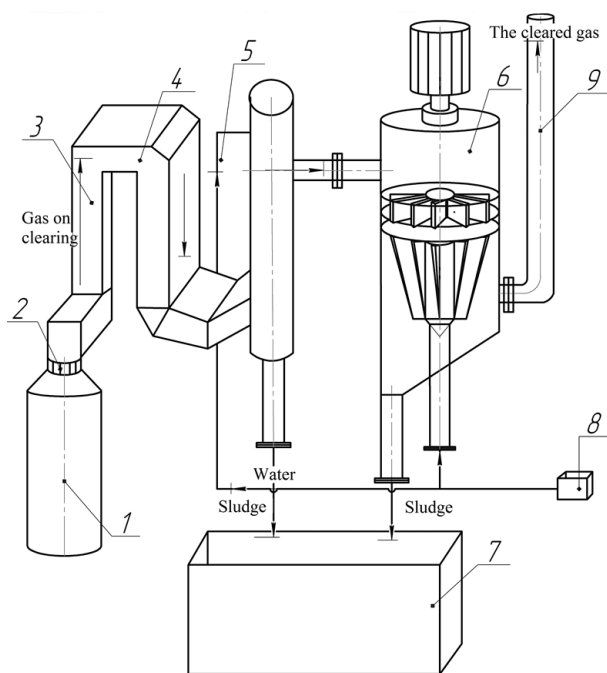
Rysunek 3. Schemat kolumny pochodni z płuczką dynamiczną: 1 – płuczka dynamiczna; 2 – zawory regulujące; 3 – palnik zapalający; 4 – lampka palnicą; 5 – rura palnicą; I – gazy e odpadowe, II – paliwo gazowe, III – kondensat

Temperatura gazu spalanego w piecu w celu odzysku ciepła wynosi 500-600°C, za kotłem regeneracyjnym 250°C. Średni skład chemiczny mieszaniny gazów obecnych w spalinach (objętościowo) to: 17% CO<sub>2</sub>, 16% N<sub>2</sub>, 67% CO. Poza tym gaz zawiera 70 mg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, 30 mg/m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>S, 200 mg/m<sup>3</sup> F, 20 mg/m<sup>3</sup> Cl. Zapylenie gazu na wyjściu konwektora osiąga 200 g/m<sup>3</sup>. Pyły odprowadzane po dopalaniu tlenku węgla mają te same składniki, ale wyższą zawartość tlenków żelaza. Ten gaz zawiera mniej cząstek wielkości poniżej 1 mikrona niż zanieczyszczony gaz otrzymany po dopalaniu tlenku węgla. W trakcie dopalania CO podwyższa się temperatura gazu i zachodzi konwersja dodatkowych par tlenków. Dopalenie tlenku węgla przed wysłaniem oczyszczonego gazu odbywa się w specjalnej komorze.

Zawartość pyłu w oczyszczonym w piecu gazie nie powinna przekraczać 4 mg/m<sup>3</sup>.

Schemat oczyszczania gazu spalinowego z pyłu przedstawiono na rys. 4.

Gaz z ujścia palącej się pochodni 1, za pomocą rur gazowych 3 i 4 jest przesyłany do instalacji oczyszczania.



Rysunek 4. Przebieg procesu oczyszczania gazu emisyjnego: 1 – kolumna pochodni; 2 – blokada wodna; 3, 4 – przewody przesyłowe gazu; 5 – płuczka odśrodkowa; 6 – płuczka dynamiczna; 7 – zbiornik gromadzenia szlamu; 8 – złącze hydrauliczne; 9 – komin

W przewodach wznoszącym się – 3 i obniżającym – 4 gaz jest chłodzony, a większe drobiny pyłów, które tworzą osad, są wyłapywane na grawitacyjnym osadniku pyłów i wydalone z niego. W płuczce odśrodkowej 5 spaliny są oczyszczane z pyłu gruboziarnistego do końcowej zawartości pyłu 5-10 mg/m<sup>3</sup>. Pył napędza zbiornik periodycznie z układu zasilanego wodą lub ze strumienia gazu nawilżonego. Końcowe oczyszczenie gazu następuje w dynamicznej płuczce rozpyłowej, gdzie zachodzi integracja drobnego pyłu. Większość gruboziarnistego pyłu i kropli cieczy jest wydzielana z gazu w inercyjnym eliminatorze mgły. Oczyszczony gaz przechodzi do zbiorczego kanału czystego gazu 9, skąd jest wydalany do atmosfery.

Osad z filtru grawitacyjnego jest podawany ponownie do aparatu zraszającego. Woda zraszająca jest podawana w systemie zamkniętym, do irygacji używane jest mleko wapienne, stosownie do fizycznych i chemicznych właściwości i składu zanieczyszczonego gazu.

W wyniku wprowadzenia pilotażowej instalacji odpylenia gazu emisyjnego maksymalne zapylenie gazów wydanych do atmosfery zmniejszyło się z 3950 mg/m<sup>3</sup> do 840 mg/m<sup>3</sup>, a ogólna emisja pyłu ze źródeł produkcji wapna spadła z około 4800 t/rok do 1300 t/rok.

Taka metoda daje możliwość oczyszczania gazu w dużo mniejszej ilości, wymaga mniejszego kapitału

i kosztów operacyjnych, zmniejsza zanieczyszczenie powietrza i pozwala na użycie systemu odzyskiwania wody [5].

Tabela nr 1. Wyniki dwukrotnego badania gazu spalinowego

Związek	Zawartość na wlocie, g/m <sup>3</sup>	Zawartość po oczyszczeniu, g/m <sup>3</sup>
Pył	0,02	0,00355
NO <sub>2</sub>	0,10	0,024
SO <sub>2</sub>	0,03	0,0005
CO	0,01	0,0019

## 4. Wnioski

- Podano rozwiązanie problemu perfekcyjnego kompleksowego systemu oczyszczania gazu emisyjnego i wykonano pomiary zmniejszenia zapylenia powietrza w zakładach przemysłowych w celu poprawy warunków sanitarnych i higienicznych pracy i zmniejszenia negatywnego efektu emisji pyłów.
- Projekt systemu zmodernizowano przez zastosowanie zasysania gazów spalinowych z pochodni gazowej z zastosowaniem nowego rozwiązania płuczki, które jako nowość zostało potwierdzone patentem wynalazczym. W wyniku zastosowania tego wynalazku wzrosła wydajność oczyszczania gazu emisyjnego. Koszt procesu oczyszczania gazu emisyjnego po modernizacji instalacji do oczyszczania gazu został obniżony.
- Ekologiczne rozwiązanie i wynik realizacji projektu daje wysoki stopień oczyszczenia gazów wylotowych, co poprawia sytuację ekologiczną na obszarze produkcji. Wynik ekonomiczny tego zastosowania wynosi do 3 milionów rubli na rok.

## Literatura

1. P.S. Belov, I.A. Golubeva, S.A. Nizova, *Production ecology chemicals from petroleum hydrocarbons and gas*, Moscow: Chemistry, 1991, 256 p.
2. V.V. Tetelmin, V.A. Jazev, *Environment protection in the oil and gas complex*, Dolgoprudnyj: Oil and gas engineering, 2009, 352 p.
3. Usmanova, R.R., *Dynamic gas washer. Patent for the invention of the Russian Federation No 2339435*. 20 November 2008. *The bulletin No 33*.
4. V.S. Shvydky, M.G. Ladygichev, *Clearing of gases. The directory*, Moscow: Heat power engineering, 2002, 640 p.
5. V. Straus, *Industrial clearing of gases* Moscow: Chemistry, 1981, 616 p.

Tłumaczenie – Grzegorz Parys