

УДК 543. УДК 543.271.3

Корнієнко Дмитро Григорович
Корниенко Дмитрий Григорьевич.
Korniienko Dmytro

СТРУКТУРНА СХЕМА ОПТИКО-ГРАВИМЕТРИЧНОГО ПИЛОМІРА
СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ОПТИКО-ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО ПЫЛЕМЕРА.
THE STRUCTURAL SCHEME OF THE OPTICAL-GRAVIMETRIC DUST METER.

Обґрунтовано вибір структурної побудови оптико-гравиметричного пиломіра залежно від діапазону концентрації пилу. Запропоновано застосування інваріантних схем побудови вимірювача пилу з застосуванням оптичного і гравиметричного методів вимірювання пилу. Представлено автоматичну схему зворотної продувки пилового фільтру.

Обоснован выбор структурного построения оптико-гравиметрического пылемера в зависимости от диапазона концентрации пыли. Предложено применение инвариантных схем построения измерителя пыли с применением оптического и гравиметрического методов измерения пыли. Представлена автоматическая схему обратной продувки пылевого фильтра.

It is described the choice of the structural construction of an optico-gravimetric dustmeter that is based on the range of dust concentration. It is proposed the use of invariant schemes for the construction of a dust meter, using the optical and gravimetric methods in the virgin dust. It is presented the automatic backflushing scheme for dust filtration.

ANNOTATION

It is described the choice of the structural construction of an optico-gravimetric dust meter that is based on the range of dust concentration. It is proposed the application of an invariant scheme for constructing a dust meter using optical and gravimetric methods of dust measurements. It is substantiated the analysis of the optical scheme for the dust meters with a double beam stroke, the mathematical algorithm of work is given, the analysis of metrological characteristics are made. A scheme and designs of an optico-gravimetric dust meter have been developed. It is created a completely new automatic scheme for cleaning dust filters depending on the specific process. Experimental searching of the developed scheme of automatic cleaning for installation of a temporary algorithm of the system operation are spent.

The most optimal operating modes of the system are established, the time intervals of the backflushing of the dust filters are selected, depending on the level of the dust-gas sample flow, the power of the flow stimulator, and the studies on the chimneys of coal-fired boilers.

Ключові слова: *фільтр, пиломір, проба, газ, клапан, витратомір, витрата, пил, очистка, регулятор, графік.*

Ключевые слова: *фильтр, пылемер, проба, газ, клапан, расходомер, расход, пыль, очистка, регулятор, график.*

Keywords: *filter, dust meter, sample, gas, valve, flow meter, flow, dust, cleaning, regulator.*

АНОТАЦІЯ

Обоснован выбор структурного построения оптико-гравиметрического пылемера в зависимости от диапазона концентрации пыли.. Предложено применение инвариантной схемы построения измерителя пыли с применением оптического и гравиметрического методов измерения пыли. Дан анализ оптической схемы измерителя пыли с двойным ходом луча,

обоснован математический алгоритм работы, проведен анализ метрологических характеристик. Разработана схема и конструкции оптико-гравиметрического пылемера. Создание принципиально новая автоматическая схема очистки пылевых фильтров в зависимости от конкретного технологического процесса. Проведены экспериментальные исследования разработанной схемы автоматической очистки для установки временного алгоритма работы системы.

Установлены наиболее оптимальные режимы работы системы, выбраны временные интервалы срабатывания обратной продувки пылевых фильтров, в зависимости от уровня расхода пылегазовой пробы, мощности побудителя расхода, исследованиях на дымовых трубах угольных котлов.

Вступ

Одним з найбільш токсичних компонентів, що входять до складу викидів є пил – офіційна назва: «речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна)» згідно «Переліку найбільш поширених і небезпечних речовин» затвердженому Постановою КМУ № 1598 від 29.11.2001р [1]. Пил є характерним супутником великої кількості різноманітних технологічних процесів в енергетиці, транспорті, нафтохімії. Пил приводить до екологічних, медичних проблем суспільства і населення, виводить з ладу технологічне обладнання, тому необхідний постійний контроль пилу в атмосфері і в відходах промислових підприємств. Існує значне різноманіття методів вимірювання пилу і відповідно структурних схем побудови пиломірів [2,3]. Однією з важливих характеристик пиломірів є стабільність коефіцієнта передачі первинного вимірювального перетворювача, який покладений в основу роботи пиломіра. У більшості досліджень по стабілізації коефіцієнта перетворення ПВП пиломірів увага приділяється конструктивно-технологічним методам. Питання структурно-схемного вирішення стабілізації коефіцієнта перетворення ПВП досліджені локально і вибірково [4,5].

Мета і постановка досліджень

Об'єкт дослідження є пилогазові потоки в димових трубах промислових підприємств енергетичних об'єктів: котельня, теплова електростанція (ТЕС), цементні і цегляні заводи. Прилади контролю – пиломіри реалізують підвищені вимоги до якості проби димового газу, що надходить до аналізу. Найбільш поширеними є оптичний і гравіметричний методи аналізу. Проведені дослідження ставили за мету розробити схему промислового пиломіра, що об'єднує оптичний і гравіметричний методи і забезпечує автоматичну очистку пилових фільтрів, без участі оператора, залежно від попередньо заданого рівня забруднення фільтру.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- аналіз існуючих методів оптичних пиломірів;
- розробка схеми і конструкції об'єданого оптико-гравіметричного пиломіру.
- створення принципово нової автоматичної схеми очистки пилових фільтрів залежно від конкретного технологічного процесу.
- експериментальні дослідження розробленої схеми автоматичної чистки для встановлення часового алгоритму роботи системи.

Схема оптичного вимірювача пилу підвищеної точності

На Рис.1 представлено вдосконалення оптичного пиломіру з подвійним ходом променя типу ВОГ-2 українського виробника «Украналит», як найбільш типовий по структурній схемі побудови [5]. За аналогічним принципом будуються пиломіри Gravimat SHC 500, фірма ZIK (ФРН) [6,7].

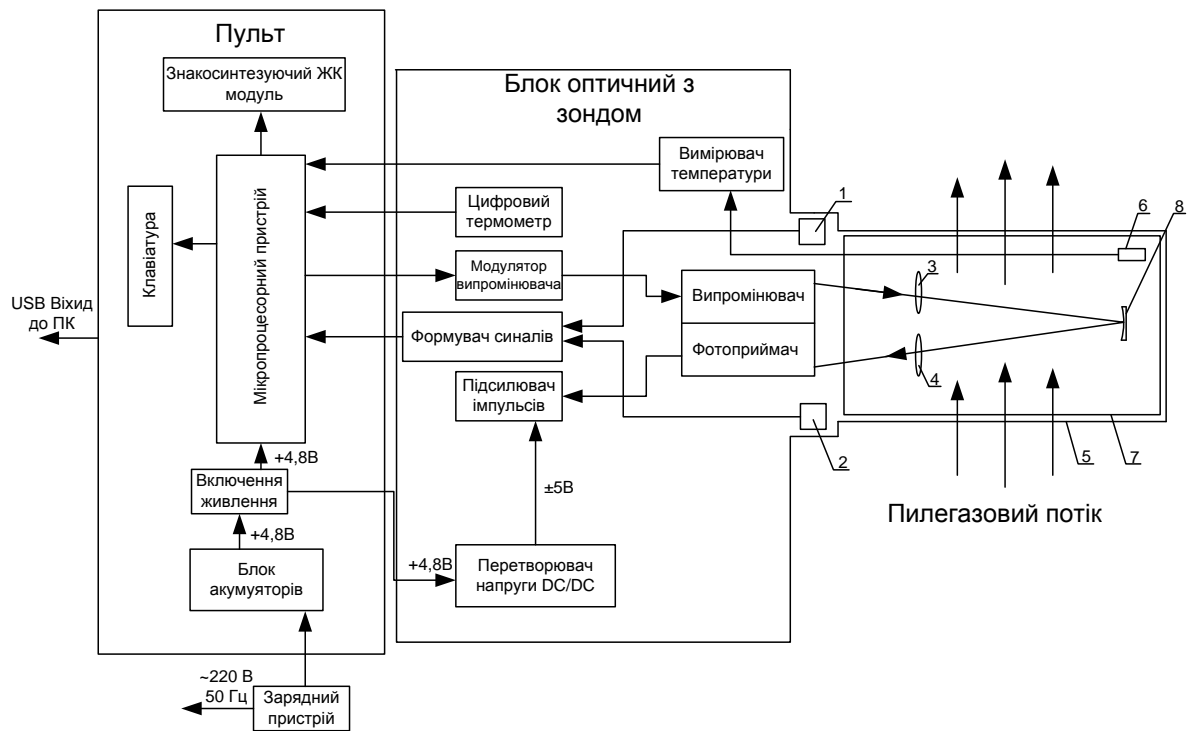


Рис. 1. Функціональна схема вимірювача ВОГ-2.

1, 2 – датчики положення труби-заслонки; 3 – лінза-коліматор; 4 – лінза-об'єктив; 5 – зонд; 6 – датчик температури; 7 – заслонка обертова; 8 – відбивач

Принцип дії вимірювача ВОГ-2 полягає у вимірюванні зміни значення оптичного сигналу, що пройшов від випромінювача до фотоприймача при відсутності і наявності пилу. Блок оптичний включає в себе випромінювач, фотоприймач, модулятор випромінювача, формувач сигналів, підсилювач, перетворювач, цифровий термометр, що вимірює температуру всередині блоку оптичного, вимірювач температури в газоході, датчик якої знаходиться в кінці зонда. В кінці зонда встановлено сферичне дзеркало. Зонд містить в собі заслонки, що перекривають потік газу через прилад.

Далі розраховується значення оптичної щільності аналізованого газового потоку за формулою:

$$D_U = \lg \frac{I_0}{I_U} \quad (1)$$

Концентрації пилу по формулі:

$$C = \alpha \cdot \beta(T) \cdot C_M \cdot \frac{D_U}{D_M} \quad (2)$$

де: α - емпіричний коефіцієнт, що залежить від властивостей пилу, що проходять через пиломір частинок пилу; $\beta(T)$ - емпіричний коефіцієнт, який визначається умовами вимірювання, C_M - індекс, що відповідає калібрування пилoměра «масовим» методом, а D_M і C_M - відповідно значення оптичної щільності каліброваного потоку газу і концентрації пилу в цьому потоці; D_U - оптична щільність досліджуваного пилового потоку газу. За рахунок введення коефіцієнтів α , β свідчення пилoměри залишаються стабільними протягом тривалого часу. Основний недолік розглянутої схеми необхідність калібрування по гравіметричному методу для кожного джерела викидів.

Схема оптико-гравіметричного пилoměру

Оптичні пилoměри дозволяють швидко провести вимірювань значних концентрацій пилу до 2000 мг/м^3 [6,7]. Основною проблемою оптичних методів є методична похибка пов'язана з тим, що фактично вимірюється не масова концентрація пилу в мг/м^3 , а щільність пилогазового потоку, яка є функцією концентрації і її треба визначати для кожного виду пилу (металевого,

вугільного, цементного, дорожнього, столярного і т.д.) окремо і відповідно необхідно проводити калібровку по гравіметричному методу. За результатами аналізу методів вимірювання встановлено, що найбільш розповсюдженими методами є гравіметричний та оптичний, завдяки точності швидкодії та надійності. Частіше усього оптичні пиломіри використовуються в теплоенергетиці, металургії. Аналіз засобів вимірювання підтвердив висновки щодо методів, та визначив напрям роботи по вдосконаленню приладу по створенню схеми пиломіра з об'єднаним гравіметричним і оптичним каналом вимірювання. На рис. 2 наведена функціональна схема розробленого оптико – гравіметричного пиломіра яка включає в себе класичну оптичну схему і гравіметричний канал з відбором проб пилогазового потоку і осадженням пилу на фільтрі з наступним зважуванням маси пилу і визначення концентрації пилу.

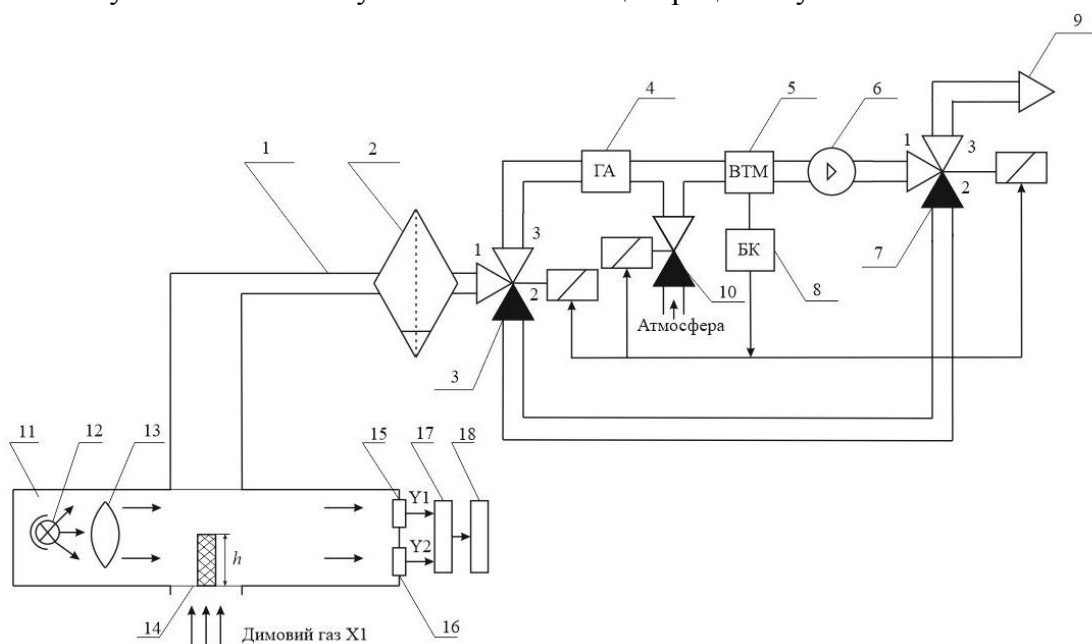


Рис. 2 Схема вдосконаленого оптико – гравіметричного пиломіра

1 – газопровід, 2 – гравіметричний фільтр осадження пилу, 3 – перший тривходовий електромагнітний клапан ПЕМК, 4 – регулятор тиску, 5 – електронний витратоміра (ВТМ), 6 – збудник витрат (ЗВ), 7 – другий тривходовий електромагнітний клапан ДЕМК, 8 – блок керування (БК), 9 – вихідний газопровід. 10 – атмосферний електромагнітний клапан (АЕК).

11 – вимірювальна камера, 12 – джерело випромінювання, 13 – фокусуюча лінза, 14 – калібрувальний оптичний фільтр, 15 – перший фотоприймач, 16 – другий фотоприймач, 17 – обчислювальний пристрій, 18 – реєструючий цифровий пристрій

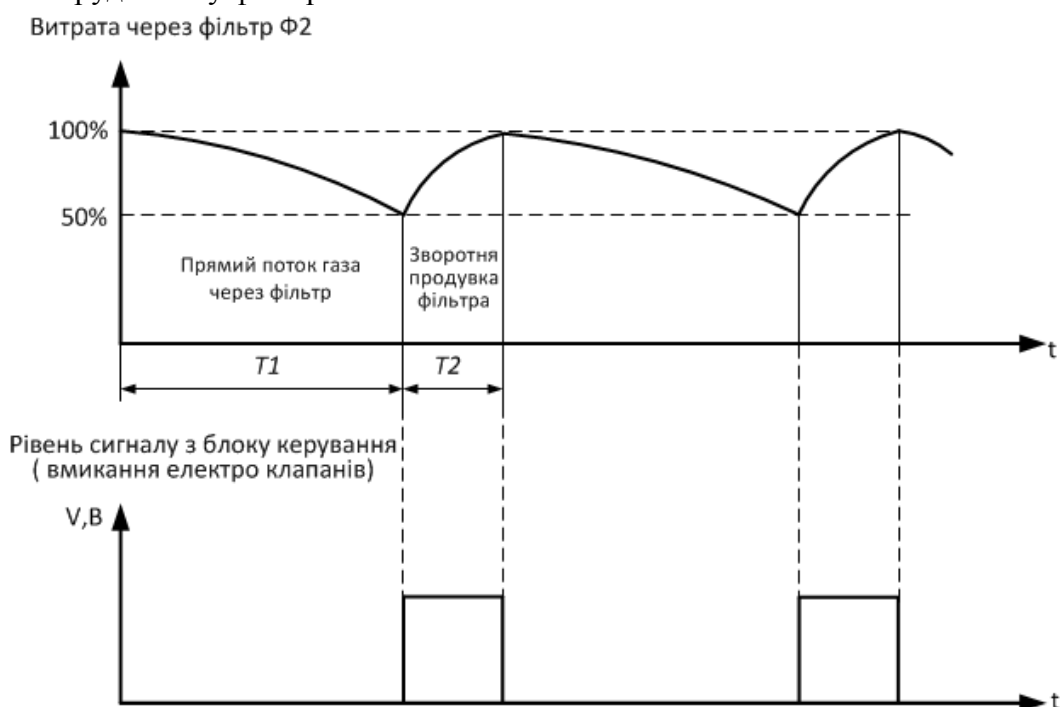
Пиломір працює наступним чином: на початку роботи клапана ПЕМК(3) і ДЕМК(7) відкриті з «входу 1 на вихід 3», клапан АЕК(10) закритий, фільтр Ф(2) чистий, без пилу. Збудник витрат ЗВ(6) прокачує димову пробу з труби з фіксованою витратою л/хв по наступним послідовно приєднаним елементам системи: через оптичний пиломір з елементами 11 – вимірювальна камера, 12 – джерело випромінювання, 13 – фокусуюча лінза, 14 – калібрувальний оптичний фільтр, 15 – перший фотоприймач, 16 – другий фотоприймач, 17 – обчислювальний пристрій, 18 – реєструючий цифровий пристрій і далі через газопровід (1) – фільтр пиловий Ф(2) – ПЕМК(3) (входи «1» – «3») – РТ(4) – ВТМ(5) – ЗВ(6) – ДЕМК(7) (входи «1» – «3») – газопровід скиду (9). На виході реєструючого пристрою 18 фіксується сигнал пропорційний оптичній щільності пилогазового потоку. На електричному виході електронного витратоміра ВТМ(5) формується електричний сигнал (напруга), якій відповідає максимальній витраті проби, що прокачується через чистий фільтр Ф(2).

Збудник витрат ЗВ (6) працює фіксований інтервал часу (як правило 20 хвилин), інтервал задається блоком керування БК (8). На пиловому фільтрі Ф2 осаджується пилова проба, яка потім зважується і визначається концентрація пилу у $\text{мг}/\text{м}^3$. Отримані дані концентрації пилу у $\text{мг}/\text{м}^3$ переносяться на покази оптичного каналу схеми пиломіра, а саме реєструючого блоку 18. Тобто гравіметричний канал виконав градування оптичного каналу у $\text{мг}/\text{м}^3$ з високою ступінню

достовірності за рахунок того, що вимірювання відбуваються одночасно двома методами гравіметричним і оптичним.

Представлена схема також забезпечує автоматичну очистку фільтра Ф(2) для наступних циклів вимірювання [10]. Очистка відбувається наступним чином: витратомір ВТМ(5) зафіксує зменшення витрат, при досягненні фіксованого наперед заданого зменшення витрат газової проби, наприклад, падіння на 30 – 50%. При цьому блок керування БК(8), де в пам'яті зберігається фіксований рівень зменшення витрат, подасть електричний сигнал на обмотки клапанів ПЕМК(3), ДЕМК(7), АЕК(10). Клапани ПЕМК(3), ДЕМК(7), АЕК(10) спрацюють, входи «3» у клапанах ПЕМК(3) і ДЕМК(7) закриваються, а входи «2» відкриваються. Відбувається зворотна продувка фільтра Ф(2) по напрямку: Атмосферне повітря – відкритий клапан АЕК(10) – ВТМ(5) – ЗВ(6) – ДЕМК(7) (входи «1» – «2») – ПЕМК(3) (входи «2» – «1») – фільтр Ф(2). Пил накопичений, який накопичився, виштовхується в димову трубу і фільтр Ф(2) очищується.

На рис 3. показана часова схема роботи системи автоматичної очистки газової проби. Інтервал T_1 значно більший інтервала T_2 , $T_2 \geq 0,001 T_1$. Витрати проби газу 100%, витрати, при чистому, не забрудненому фільтрі Ф2.



Величина витрат визначається характеристиками збудника витрат ЗР6. В більшості промислових пиломірів значення витрат коливається в межах 1-5 л/хв. Значення забруднення фільтра Ф2, при якому автоматично спрацює схема очистки фільтра встановлюється залежно від швидкодії, продуктивності і потужності ЗР6. Інтервал часу на продувку, що задається БК8 визначається кількістю димового газу, що знаходиться у газовій схемі ГА-ВТМ5-ЗР6 перед початком зворотної продувки. Далі схема працює аналогічно, кожен раз коли Ф2 забруднюється вмикається автоматична схема зворотнього очищення

Заклучна частина

1. Розроблена схема оптико-гравіметричного методу дозволила високоточні дані гравіметричного методу перенести на оптичний канал, знизити основну приведену похибку вимірювань оптичного каналу з 3-5% до 1-2% і головне використовувати розроблену схему для будь-якого виду пилу: металевого, вугільного, цементного і т.д.

2. Розроблена система автоматичної системи очистки пилового фільтра забезпечила можливість стаціонарно монтажу пиломіра на димовій трубі на висотах вище 5 метрів і їх функціонування в автоматичному режимі, без обслуговування персоналом значний проміжок

часу до 3-4 місяців залежно від виду і концентрації пилації забруднюючих речовин, що викидаються димовими газами.

3. Встановлені найбільш оптимальні режими роботи системи, вибрані часові інтервали спрацювання зворотної продувки пилових фільтрів, рівні витрат, потужність збудника витрат на димових трубах вугільних котелень, ТЕС, при концентрації пилу 120-150 мг/м³ потужність побудника витрати склала 1,5- 2,0 кВт, при цьому забезпечується витраті димової проби в інтервалі до 8-10 л / хв.

Список використаних джерел

1. Приміський, В. П. Особливості застосування і контролю від- повідності технологічних нормативів викидів в промисловості [Текст] / В. П. Приміський, В. М. Івасенко, Д. Г. Корнієнко // Східно-Європейський журнал передових технологій, Харків (V.Primisky., Technological standards of permissible emissions of pollutants and their instrumental control [Text] / V.Primisky, V. Ivashenko, D. Kornienko // Eastern European Journal of advanced technologies, Kharkiv) - 2014. - №3. - С/Р. 8-15.

2. Вартанов А.З. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг [Текст] / А.З. Вартанов, А.Д. Рубан, В.Л. Шкурятник. — М.: Горная книга (Vartanov A. Methods and tools for environmental monitoring and environmental monitoring [Text] / A. Vartanov, A. Ruban, V. Shkuratnik. — М.: Mountain Book), — 2009. — 640 с/р.

3. Клименко А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли [Текст] / М., «Химия» (A. Klimenko, Methods and instruments for measuring dust concentration [Text] / M., «Chemistry»). — 1978. — 203 с/р.

4. Балтренас П.Б. Методы и приборы определения физико-механических свойств пылей и аэрозолей [Текст] / П.Б. Балтренас, В. Шпакаускас. Вильнюс: Техника (P. Baltrenas, Methods and tools for determining the physical and mechanical properties of dusts and aerosols [Text] / P.V.Baltrenas, V.Shpakauskas. Vilnius: Engineering). — 1994. — 237 с/р

5. Максименко Ю.Н. Переносной оптический пылемер ВОГ – 2. [Текст] / Максименко Ю.Н., Мазан Е.Г., Тимин А.К // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ (J. Maksimenko. Portable Optical dust meter FOG - 2. [Text] / Y.N. Maksimenko, E.G. Mazan, A.K. Thymine // News NTU "KPI". Seriya PRILADOBUDUVANNYA). - 2010. - Vip. 40 - С/Р. 81-86..

6. Sampedro, Ó. Turbidimeter and RGB sensor for remote measurements in an aquatic medium [Text] / Ó. Sampedro, J.R. Salguei // Measurement . – 2015. - № 68(0). – P. 128-134.

7. Mohd Khairi, M. A review on the design and development of turbidimeter [Text] / M. T., Mohd Khairi, S., Ibrahim, M. A., Md Yunus, M. Faramarzi // Sensor Review. – 2015. - №35(1). – P.98-105.

8. Соломічев Р.І. Розробка та обґрунтування структури вимірювальної системи контролю вибухонебезпечних пило-газових сумішей в шахтному виробітку [Текст] / Р.І. Соломічев, О.В. Вовна, А.А. Зорі // Вісник НТУ «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць «Електроенергетика та перетворювальна техніка». — Харків (R.Solomichev, Development and study structures measuring system control explosive dust and gas mixture in mine output [Text] / R. Solomichev, A. Wool, A. Dawn // Vestnik NTU «Kharkov Polytechnic Institute». Proceedings of «Power and transformational technology» — Kharkiv). — 2014. — № 19 (1062). — С/Р. 154—163.

9. Приміський В.П. Заявка на винахід a201601773 G01N 15/02, Спосіб вимірювання концентрації пилу у димових: токсичних і радіоактивних газах промислових підприємств [Текст] / В.П.Приміський, В.А.Порєв, Д.Г.Корнієнко // Заяв. 25.02.16. (V.Primisky, The application for the device: a201601772 G01N 15/02, Method of measuring the concentration of dust in the smoke, toxic and radioactive gases industry [Text] / V.Primisky, V.Poryev, D.Korniienko // statement. 02.25.2016).

10. Патент України на винахід №110679, МПК G01N 1/22, Автоматична система пилової очистки пробо підготовки газоаналізаторів / Д.Г. Корнієнко // Бюл. винаходів. — 2016, № 2 (Ukraine patent for invention model №110679, G01N 1/22, Automatic dust treatment system for gas analyzers [Text] / D.Korniienko // M/D). — 2016, № 3.

Корнієнко Дмитро Григорович

Аспірант

Кафедра аналітичного екологічного приладобудування

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

Україна, 03056, м. Київ-56, проспект Перемоги, 37

Відомості про наявність друкованих творів у загальнодержавних та міжнародних базах даних: 3

Контактний тел.: 096-213-57-12

E-mail: dimoonas@gmail.com mailto:kpi_naeps@ukr.net

Корниенко Дмитрий Григорьевич

Аспирант

Кафедра аналитического экологического приборостроения

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"

03056, г. Киев, пр-т Победы, 37, Украина

Сведения о наличии печатных произведений в общегосударственных и международных базах данных: 3

Контактный тел.: 096-213-57-12

E-mail: dimoonas@gmail.com

Kornienko Dmytro

Graduate

Department of Environmental Analytical Instrumentation

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

37, Prospect Peremohy, 03056, Kyiv-56, Ukraine

Contact tel.: 096-213-57-12

E-mail: dimoonas@gmail.com