

УДК 697.942

Підвищення ефективності очищення газових викидів від ливарного виробництва

Ю. О. Бурда¹, А. Д. Череднік², І. О. Редько³, Ю. О. Півненко⁴

¹ к.т.н., асист. Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, Україна, burda.yurii.1991@gmail.com, ORCID 0000-0003-3470-1334

² к.т.н., асист. Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, Україна, artemcherednic@gmail.com, ORCID 0000-0002-3385-0584

³ д.т.н., доц. Харківський Національний Університет Міського Господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, Україна, germes_s2006@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9863-4487

⁴ к.т.н., асист. Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, Україна, pivnenko.yura@gmail.com, ORCID 0000-0002-6675-2649

Анотація. Робота присвячена актуальній проблемі підвищення ефективності очищення технологічних газів у скруберах насадкового типу з метою зниження викидів шкідливих речовин і твердих домішок до атмосфери та підвищення техніко-економічних показників систем мокрого газоочищення. Для цього було розроблено трикутну насадку з хрестоподібними вирізами. У роботі експериментально визначається ефективність очищення скруберам з цією насадкою. Перед очищенням виконується двоступеневе охолодження газів. Порівняння виконується з найбільш ефективними на сьогодні типами насадок для мокрого газоочищення – хордова дерев'яна і кільця Рашига. Показано, що розроблена трикутна насадка з хрестоподібними вирізами при очищенні коксового газу від CO₂ покращує очищення на 25 % порівняно з дерев'яною хордовою, та на 15 % – з кільцями Рашига. Це дозволяє рекомендувати її до широкого впровадження.

Ключові слова: газоочищення, скрубер, очищення газових викидів, атмосферне повітря, насадка.

Вступ. На даний час проблема газоочищення є дуже важливою у зв'язку зі зростанням промислової потужності країн Європи.

Газова оболонка Землі захищає усе живе від ультрафіолетових променів. Проте є фактори, які погіршують стан атмосфери та потоншують цю оболонку. Зокрема такими є антропогенні викиди. Сумарно викиди в атмосферу становлять 380 тон отруйних речовин на 1 км³.

Атмосферне повітря забруднюється шляхом надходження або утворення в ньому забруднювальних речовин у концентраціях, що перевищують його природний вміст [1, 2]. Забруднювальні речовини – це різні домішки, які у певній концентрації чинять несприятливий вплив на навколишнє середовище. Підвищена концентрація багатьох з них може викликати захворювання в людей та тварин.

Одним з найбільш ефективних засобів очищення димових газів від пилу є скрубери. Вони виконують очищення завдяки взаємодії газів з водою. Розвиток цієї техніки має бути спрямований на підвищення ефективності очищення зі зменшенням витрати води та енергії.

Актуальність дослідження. Очищення викидів до атмосфери є важливим питанням в сучасному світі, що пов'язане зі здоров'ям людей та інших живих істот.

Останні дослідження та публікації.

Значний вклад у дослідження газоочищення, зробили вчені С. П. Титов, Г. Н. Северенц, О. Ф. Редько, О. Н. Куліш, В. Г. Назаров, С. З. Поліщук, В. П. Куц, В. Б. Довгалюк, Б. С. Сажин та ін. На даний час проблема газоочищення є однією з найважливіших для промислового комплексу України. Одним з варіантів реконструкції систем газоочищення є застосування скруберам насадкового типу.

Промислове газоочищення необхідне для видалення з газу твердих та рідких частинок, шкідливих домішок, уловлювання цінних матеріалів. Усі ці заходи потрібні для зменшення забруднення атмосферного повітря, та зниження негативного впливу на подальшу обробку газу. Очищення промислових газів є важливим завданням для чорної, кольорової металургії та інших видів промисловості [3, 4]. Саме тому поділ газових неоднорідних систем відноситься до числа широко розповсюджених основних процесів хімічної технології.

Для розширення області використання й підвищення ефективності очищення газових викидів розроблено [2] трикутну насадку з хрестоподібними вирізами (рис. 1). Її ефективність має бути підтверджена експериментально.

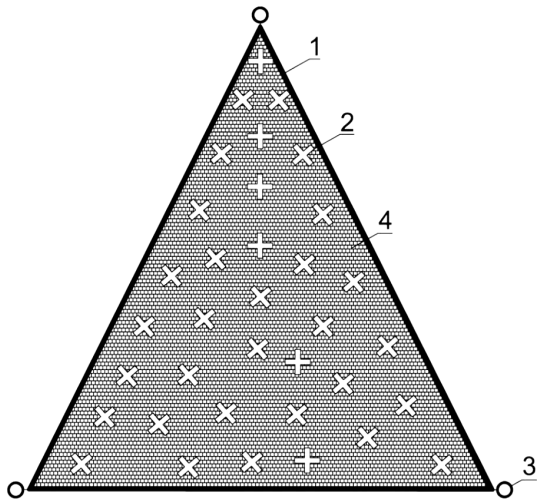


Рис. 1. Трикутна насадка з хрестоподібними вирізами:
1 – корпус з легованої сталі; 2 – хрестоподібний отвір;
3 – змінне кріплення; 4 – дрібна сітка, з легованої сталі

Формулювання цілей статті. Метою даної роботи є перевірка ефективності розробленої трикутної насадки з хрестоподібними вирізами.

Основна частина. У роботі порівняно ефективність розробленої трикутної насадки з хрестоподібними вирізами з її аналогами – дерев'яною хордовою та кільцями Рашига.

Завдяки розміру отворів та їхній специфічній формі трикутна насадка з хрестоподібними вирізами забезпечує довший контакт з водою, що дозволяє зменшити витрату останньої. Завдяки виконанню насадки з легованої сталі AISI 316 (10X17H13M2), вона може бути використана навіть у найбільш агресивному середовищі.

Для проведення даних промислових випробувань було використано термогігрометр-газоаналізатор CO₂ типу AZ – 7797 [5, 6] з високоточним NDIR (інфрачервоним) датчиком CO₂ та автоматичним фоновим калібруванням (W/ABC) і компенсацією відхилень при тривалій експлуатації (рис. 2 а). Діапазон вимірювання концентрації 0...9999 ppm, похибка становить ± 5 %.

При проведенні промислових випробувань коксовий газ охолоджувався за допомогою аміачної води від 750 до 80 °С. Потім він подавався до первинного газового холодильника (базового типу) безпосередньої дії, де його температура зменшувалася до 15 °С.

Випробування виконувалися при температурі навколишнього середовища 23 °С. Було проведено декілька замірів для кожного типу насадки, в типовій конструкції скрубера [7, 8].

Як робочий газ використано коксовий газ ливарного виробництва. Температура другого ступеня охолодження контролювалася манометричним термометром на рис. 2 б.

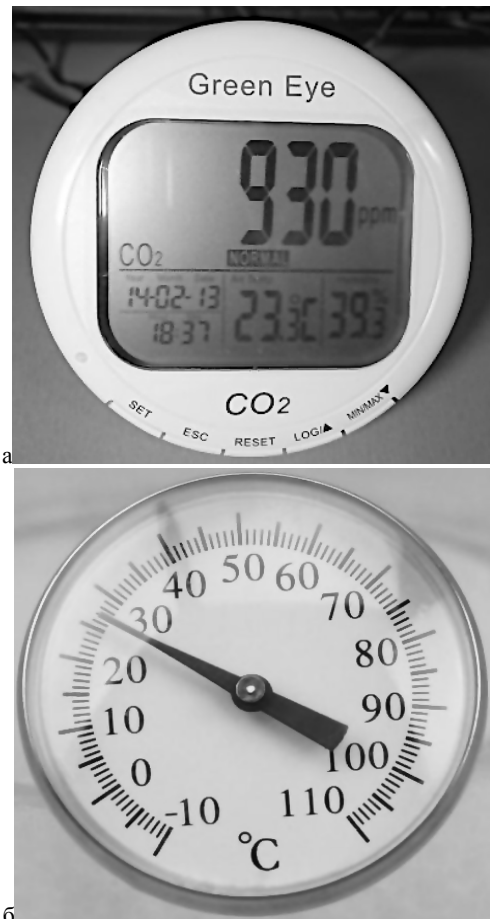


Рис.2. Вимірювальні прилади:
а – газоаналізатор CO₂; б – манометричний термометр для вимірювання температури газів після охолодження

При випробуваннях вимірювалася кількість CO₂ після першого ступеня охолодження та після остаточного охолодження до 15 °С. Отримано концентрацію в першому випадку 0,465 %, а у другому – 0,321 %.

Далі було отримано концентрацію CO₂ в охоложеному й очищеному газі (рис. 3, 4).

Найбільшу ефективність виявлено у розробленої трикутної насадки з хрестоподібними вирізами. Ця насадка підвищує ефективність очищення на 15 % порівняно з кільцями Рашига та на 25 % порівняно з дерев'яною хордовою.

Широке впровадження розробленої насадки дозволить зменшити забруднення атмосфери шкідливими виробничими викидами.

Висновки. Розроблена трикутна насадка з хрестоподібними вирізами при очищенні коксового газу від CO₂ покращує очищення на 25 % порівняно з дерев'яною хордовою, та на 15 % – кілець Рашига, які є однією з найефективніших на сьогодні насадок. Це дозволяє рекомендувати її до широкого впровадження.

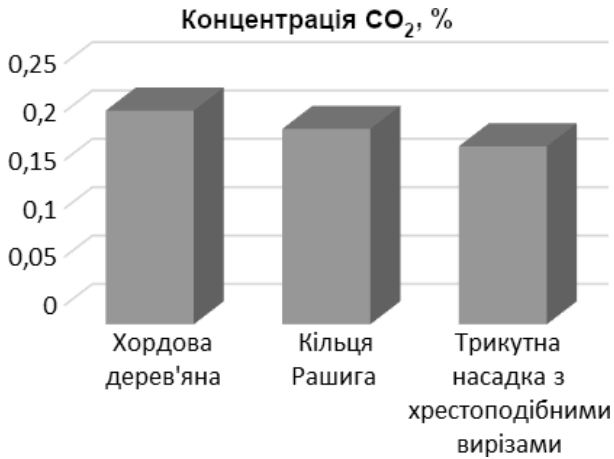


Рис. 3. Концентрація CO₂, %, при використанні різних насадок (власні випробування [2])

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується визначити ступінь очищення газу ливарного виробництва від парів бензолу та нафталіну.

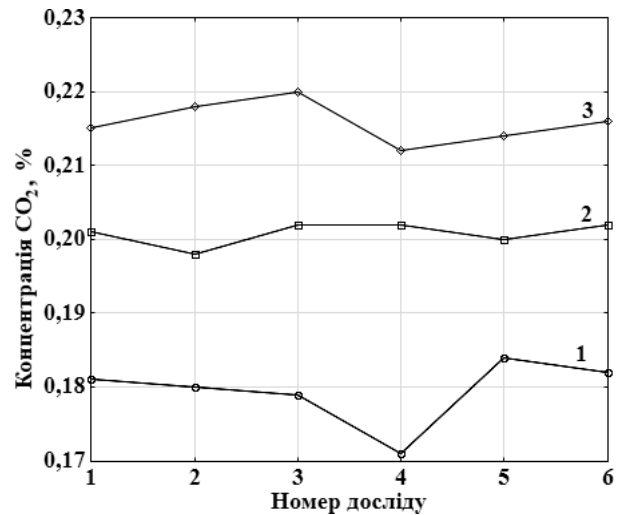


Рис. 4. Графік очищення від CO₂ за результатами промислових випробувань:
1 – трикутна насадка з хрестоподібними вирізами (власні випробування);
2 – кільця Рашига (власні випробування);
3 – кільця Рашига (випробування В. О. Проніна й О. В. Долговської [9])

Література

1. Бурда Ю. О. Уловлювання частинок бензолу в коксовому газі скруберами насадкового типу / Ю. О. Бурда, О. Ф. Редько, Ю. І. Чайка // *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. – 2017. – № 22. – С. 31-36.
2. Бурда Ю. О. Підвищення ефективності очистки коксового газу за рахунок впровадження трикутної насадки з хрестоподібними вирізами / Ю. О. Бурда // 29 Міжнародна науково-практична інтернет-конференція “Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації”. 2017. – № 4 (90). – С. 211-215.
3. Редько О. Ф. Дисперсність крапель у скруберах насадкового типу / Редько О. Ф., Чайка Ю. І., Ю. О. Бурда // *Науковий вісник будівництва*. – 2016. – №1. – С. 143-146.
4. Borysov N. S., Brykov V. P., Dytnerskiy Yu. I. y dr. *Osnovnyye protsessy u apparaty khymicheskoi tekhnologii: Posobyе po proektyrovaniyu*. Khymiya, 1991.
5. Козлова С. А. Оборудование для очистки газов промышленных печей / С. А. Козлова, И. М. Шалаев, О. В. Раева, А. В. Киселев. – Красноярск: СФУ, 2007. – 156 с.
6. Коробчанский И. Е. Расчёты аппаратуры для улавливания химических продуктов коксования / И. Е. Коробчанский, М. Д. Кузнецов. – Москва: Металлургия, 1972. – 296 с.
7. Вшивцев В. Г. Хроматографическое определение нафталена в аэрозолях каменноугольной смолы коксового газа / В. Г. Вшивцев, Т. К. Сафронова, Л. Г. Носова // *Вопросы технологии улавливания и переработки продуктов коксования*. – Вып. 7. – М.: Металлургия, 1978. – С. 91-93.
8. Бродович А. И. Новые схемы очистки коксового газа / А. И. Бродович, В. М. Зайченко, В. И. Мелженцева и др. // *Кокс и химия*. – 1980. – № 4. – С. 28-32.
9. Пронін В. А. Використання різних типів скрубєрів для очищення коксового газу / В. А. Пронін, О. В. Долговська // *Коксова промисловість*. – 2010. – № 18. – С. 13-18

References

1. Burda Yu., Redko O., Chaika Yu. “Ulovliuvannia chastynok benzolu v koksovomu hazi skruberamы nasadkovoho typu”. *Ventylatsiia, osvittlennia ta teplohozopostachannia*. 2017. No. 22. P. 31-36
2. Burda Yu. O. “Pidvyshchennia efektyvnosti ochystky koksovoho hazu za rakhunok vprovadzhennia trykutnoi nasadky z khrestopodibnymy vyrizamy”. 29 Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia “Tendentsiia ta perspektyvu rozvytku nauky i osvity v umovakh hlobalizatsii”. 2017. No. 4 (90). P. 211-215
3. Redko O. F., Chaika Yu. I., Yu. O. Burda “Dyspersnist krapel u skruberakh nasadkovoho typu”. *Naukovyi visnyk budivnytstva*. 2016. pp. 143-146
4. Dyttnersky Yu. Basic Processes and Apparatuses of Chemical Technology - Design Guide. M.: Chemistry, 1991. - 496 pp.
5. Kozlova S. A., Shalaev Y. M., Raeva O. V., Kyselev A. V. *Oborudovanye dlia ochystky hazov promyshlennykh pechei*. SFU, 2007.
6. Korobchanskii I. E., Kuznetsov M. D. *Raschety apparatury dlia ulavlivaniia khimicheskikh produktov kokso-*

vaniia, Metallurgiiia, 1972.

7. Vshivtsev V. G., Safronova T. K., Nosova L. G. "Khromatograficheskoe opredelenie naftalina v aeroliakh kammennougolnoi smoly koksovogo hazha." Voprosy tekhnologii ulavlivaniia i pererabotki produktov koksovaniia, 1978, Vyp. 7. P. 91-93.

8. Brodovich A. I., Zaichenko V. M., Melzhentseva V. I. i dr. "Novye skhemy ochistki koksovogo gaza." Koks i khimiiia, no. 4, 1980, P. 28-32.

9. Pronin V. A. Dolhovska O. V. "Vykorystannia riznykh typiv skrubberiv dlia ochyshchennia koksovoho hazu" Koksova promyslovist, 2010, No 18. P. 13-18

УДК 697.942

Повышение эффективности очистки газовых выбросов от литейного производства

Ю. А. Бурда¹, А. Д. Чередник², И. О. Редько³, Ю. А. Пивненко⁴

¹ к.т.н., асист. Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, г. Харьков, Украина, burda.yurii.1991@gmail.com, ORCID 0000-0003-3470-1334

² к.т.н., асист. Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, г. Харьков, Украина, artemcherednic@gmail.com ORCID 0000-0002-3385-0584

³ д.т.н., доц. Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, Г. Харьков, Украина, germes_s2006@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9863-4487

⁴ к.т.н., асист. Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, г. Харьков, Украина, pivnenko.yura@gmail.com, ORCID 0000-0002-6675-2649

***Аннотация.** Работа посвящена актуальной проблеме повышения эффективности очистки технологических газов в скрубберах насадочного типа с целью снижения выбросов вредных веществ и твёрдых примесей в атмосферу и повышения технико-экономических показателей систем мокрой газоочистки. Для этого была разработана треугольная насадка с крестообразными вырезами. В работе экспериментально определяется эффективность очистки скруббером с этой насадкой. Перед очисткой выполняется двухступенчатое охлаждение газов. Сравнение выполняется с наиболее эффективными на сегодня типами насадок для мокрой газоочистки – хордовая деревянная и кольца Рашига. Показано, что разработанная треугольная насадка с крестообразными вырезами при очистке коксового газа от CO₂ улучшает очистку на 25 % по сравнению с деревянной хордовой, и на 15 % – с кольцами Рашига. Это позволяет рекомендовать её для широкого внедрения.*

Ключевые слова: газоочистка, скруббер, очистка газовых выбросов, атмосферный воздух, насадка.

UDC 697.942

Improving the efficiency of cleaning gas emissions from foundry

Y. Burda¹, A. Cherednik², I. Redko³, Yu. Pivnenko⁴

¹ Ph.D assistant, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv, Ukraine, burda.yurii.1991@gmail.com, ORCID 0000-0003-3470-1334

² Ph.D, assistant, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv, Ukraine, artemcherednic@gmail.com ORCID 0000-0002-3385-0584

³ Dr.Hab., assoc. prof. Kharkiv National University of Municipal Economy named after OHM. Beketova, Kharkiv, Ukraine, germes_s2006@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9863-4487

⁴ Ph.D assistant, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv, Ukraine, pivnenko.yura@gmail.com, ORCID 0000-0002-6675-2649

***Annotation.** The work is devoted to the topical problem of increasing the efficiency of cleaning process of gases in packed-type scrubbers in order to reduce emissions of harmful substances and solid impurities into the atmosphere and improve the technical and economic indicators of wet gas cleaning systems. For this, a triangular cross-cut packing has been developed. Due to the size of the holes and their specific shape, the triangular packing provides longer contact of the packaging with water, which reduces water consumption. The packing is made of alloy steel AISI 316, so it can be used even in the most aggressive environment. In the work, the efficiency of cleaning with a scrubber with this packing is experimentally determined. The tests were performed at an ambient temperature of 23 °C. Several measurements were made for each type of*

packing, in a typical scrubber design. To conduct these industrial tests, a thermohygrometer-carbon dioxide gas analyzer AZ-7797 was used with high-precision NDIR (infrared) sensor; automatic background calibration (W/ABC), and compensation for deviations during long-term operation. The concentration measurement range is 0-9999 ppm with an error of $\pm 5\%$. The gases were cooled in two stages. At first, they were cooled with ammonia water from 750 to 80 °C. Then they were fed to a primary gas refrigerator (basic type) of direct action, where its temperature were falled to 15 °C. Carbon dioxide concentration was measured after the first stage of cooling, after the final cooling, and after the cleaning process. The comparison is carried out with the most effective types of packing for wet gas cleaning today – chordal wood and Raschig rings. It is shown that the developed triangular packing with cross-shaped notches during the purification of coke oven gas from carbon dioxide improves the purification by 25 % in comparison with the wooden chord one, and by 15 % - with Raschig rings. This allows us to recommend it for widespread implementation.

Key words: gas cleaning, scrubber, gas emission cleaning, atmospheric air, packing.

Надійшла до редакції / Received 25.05.2020