

УДК 621.784-047.37

DOI <https://doi.org/10.26661/2071-3789-2020-1-17>

Тарасов В'ячеслав Кирилович, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет. ORCID: 0000-0002-4404-3454

Воденнікова Оксана Сергіївна, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет. ORCID: 0000-0003-0496-5435

Воденніков Сергій Анатолійович, професор, доктор технічних наук, Національний університет «Запорізька політехніка». ORCID: 0000-0002-5563-5244

Лисенко Єгор Іванович, студент, Запорізький національний університет

Макушина Мілана Михайлівна, студент, Міжнародний гуманітарний університет, м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БОРТОВИХ ВІДСМОКТУВАЧІВ ТРАВІЛЬНИХ ВАНН

За умов травильного відділення ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь», для відведення з технологічних ванн аерозолів запропоновано двохбортіві відсмоктувачі. Проаналізовано вплив розмірів травильних ванн та температури виробничого середовища на продуктивність зазначених агрегатів. Встановлено, що допустима температура повітря робочої зони у травильному відділенні для холодної та теплої пори року складає відповідно 290...296 К та 291...300 К, при цьому зростання температури повітря навколо ванни з 289 К до 313 К знижує продуктивність вентиляції на 71%. Збільшення ширини травильної ванни на 0,6 м підвищує продуктивність вентиляції на 48%, тому за доцільний діапазон ширини ванни обрано інтервал 0,9...1,2 м.

Ключові слова: травильна ванна, окалина, пари кислот, бортові відсмоктувачі, витяжна вентиляція

Постановка проблеми. Для отримання високої якості поверхні холоднокатаних листів одним з першочергових завдань є видалення окалини з поверхні гарячекатаної штабової сталі. Ефективність видалення окалини залежить від її хімічного складу, структури, товщини та умов травлення. Процес травлення металу засновано на взаємодії окалини з кислотами (сірчаною або соляною) шляхом занурення металу до ванни або подаванням струменів розчину під тиском. Важливими характеристиками, що прискорюють процес травлення окалини є її суцільність (пористість) та наявність тріщин [1]. Механізм взаємодії травильного розчину з окалиною детально описано у роботах [2-5].

Під час травлення штаб з поверхні ванн виділяються шкідливі та небезпечні пари кислот, що забруднюють виробниче та навколишнє середовище, суттєво підвищують втрати на вартості кислоти, що не утилізовано. Саме тому виникає проблема підвищення герметичності травильних ванн, дослідження характеру роботи різних систем уловлювання парів кислот у травильному відділенні.

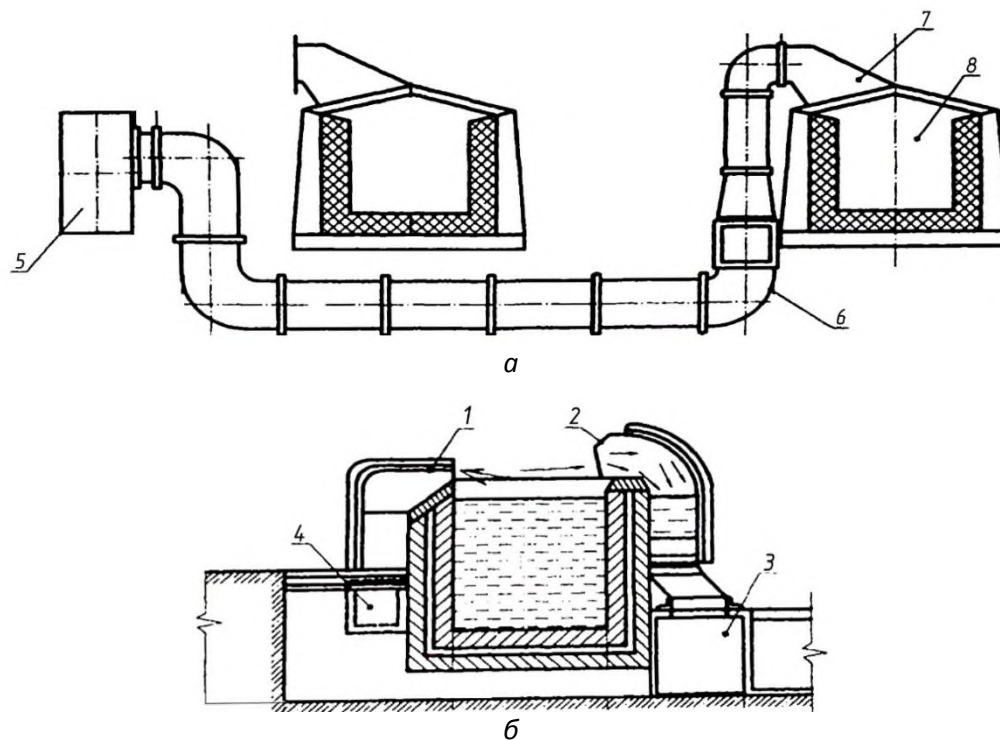
Аналіз останніх досліджень і публікації. Відомо, що одним з основних технічних засобів, які запобігають потраплянню шкідливих речовин до повітря робочої зони, є місцеві відсмоктувачі, тобто пристрої для забирання шкідливих речовин від технологічного обладнання або місць їх утворення [6]. Так, бортові відсмоктувачі набули широкого поширення в гальванічних цехах під час знежирювання та травлення металу перед нанесенням антикорозійних та декоративних покриттів, до яких відносять процеси цинкування, хромування, нікелювання та інші [7].

Питанню оцінювання впливу небезпечних та шкідливих факторів та ефективності технічних засобів захисту повітря термічних цехів присвячено роботи [8] та [9].

Згідно НПАОП 28.0-1.03-08 [10] для ефективного поглинання парів сірчаної кислоти, які виділяються з травильних ванн, потрібно застосовувати спеціальні фільтри, наприклад ФВГ-Т-3,2. Очищення повітря в кабінах машиніста кранів травильного відділення

здійснюють за допомогою фільтра аерозольного типу (касети) з фільтрувальним матеріалом з ультратонких полімерних волокон.

У роботі [11] для уловлювання шкідливих речовин, що виділяються з поверхні деталей, що обробляють, під час видавання їх з травильної ванни, запропоновано застосувати панелі, що відсмоктують, які встановлюють на рівні, який відповідає рівню підвищення вийнятих з ванни деталей.



- 1 - бортове відсмоктування; 2 - бортовий відсмоктувач з регулюючим пристроєм; 3 - залізобетонний відсмоктуючий комплекс; 4 - канал для відсмоктування; 5 - вентилятор;
6 - повітропровід; 7 - зонт; 8 - травильна ванна

Рисунок 1 – Схема травильної ванни з видаленням парів кислот з боку (а) та з торців ванни (б)

Авторами роботи [12] запропоновано спосіб підігрівання травильного розчину сірчаної кислоти у виносних графітових теплообмінниках насиченою парою, що дає змогу регулювати температуру розчину та концентрацію сірчаної кислоти в ньому.

З метою забезпечення необхідної кількості об'ємної витрати повітря, що уловлюють від ванн, для дотримання пропускної концентрації шкідливих речовин у робочій зоні приміщень гальванічних цехів в роботі [7] виконано порівняльний аналіз методик розрахунку бортових відсмоктувачів.

Постановка завдання. Метою роботи є аналіз впливу параметрів травильних ванн та температури виробничого середовища на продуктивність двохбортових відсмоктувачів.

Викладення матеріалу та результати. За умов травильного відділення для видалення та утилізації парів сірчаної або соляної кислот використовують витяжну, припливну та загальнообмінну вентиляції. Загальнообмінну вентиляцію використовують для покращення складу повітря в приміщенні, тобто подають додатково чисте повітря з допомогою припливної вентиляції. Під час використання сірчаної кислоти на безперервному травильному агрегаті встановлюють пристрій відсмоктування зверху укриття (рис. 1,а). Недоліком такої конструкції є значне винесення парів розчину. У разі застосування соляної кислоти, яка випаровується у багато разів інтенсивніше ніж сірчана, проектують конструкції відсмоктування парів з розрахунком на мінімальне винесення парів.

Схеми укриття травильної ванни з розчином соляної кислоти передбачають відсмоктування газів, що виділяються з нещільності укриття в торцях агрегату, а також у місцях входу і виходу штаби з агрегату (рис. 1,б). Система вентиляції забезпечує створення розрідження, що перешкоджає виділенню парів води до навколишнього середовища. Тому всю систему, починаючи від укриття до ванни труби, через яку викидають до атмосфери відпрацьоване повітря, слід захищати кислотостійкою ізоляцією або виконуватися з полімерів, стійких до різних кислот та агресивних середовищ.

Під час виконання конструкції з полімерів потрібно враховувати, що елементи системи повинні бути розвантаженими шляхом розміщення металевих опор. Серед вдалих вирішень потрібно виділити розміщення травильного агрегату піднятим над рівнем підлоги на 3...4 м.

У травильних відділеннях металургійних підприємств для відводу з технологічних ванн аерозолів, що утворюються, використовують примусове газовиділення за рахунок створення розрідження над поверхнею дзеркала ванни, яке забезпечують за допомогою одно- або двохбортових відсмоктувачів. Однобортові відсмоктувачі застосовують для вільно розташованих ванн, двохбортові – для ванн з обмеженим розташуванням біля стін приміщення травильного відділення [11].

Кількість повітря, яке видаляється за допомогою одно- та двохбортових відсмоктувачів, визначають залежно від ширини та висоти травильної ванни; рівня рідини (кислоти) у ванні, рухливості повітря у приміщенні та різниці температур розчину та навколишнього повітря.

Однобортові відсмоктувачі застосовують для травильних ванн шириною 600...800 мм. За ширини травильних ванн 800...1000 мм перевагу надають двохбортовим відсмоктувачам, а за ширини понад 1000 мм – бортовому відсмоктувачу з передуванням на поверхні ванни.

Слід зазначити, що чим більш токсичним є виділення парів з поверхні розчину, тим ближче до рівня розчину в травильній ванні потрібно розташовувати щілини, щоб не припустити потрапляння небезпечних та шкідливих речовин до зони знаходження робітників.

На сьогодні за умов ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» встановлено безперервно-травильний агрегат БТА-4 продуктивністю близько 1350 тис. тонн на рік травленого металу, що дає змогу повністю припинити викиди парів сірчаної кислоти та скидання промислової води до річки Дніпро та перейти на соляно-кислотне травлення. В зв'язку з цим для відведення шкідливих парів кислот з технологічних ванн доцільно використовувати двохбортові відсмоктувачі.

Для обчислень продуктивності витяжної вентиляції в травильному відділенні використовуємо методику, що запропонована у роботі [13]. Під час розрахунків параметрів витяжної вентиляції приймаємо двохбортовий тип відсмоктувача, довжину травильної ванни 5...8 м, ширину ванни 0,8...1,4 м, температуру рідини у ванні 333 К та температуру повітря навколо ванни 289...313 К.

Визначаємо кількість теплоти, що виділяється з ванни до навколишнього середовища за формулою

$$Q_0 = \alpha \cdot (T_p - T_{нов}) \cdot \frac{a \cdot \ell}{1000}, \quad (1)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, Вт/(м² К), $\alpha = 2,05 \sqrt[3]{(T_p - T_{нов})}$; $T_p, T_{нов}$ – температура рідини у ванні та температура повітря навколо ванни, К, відповідно; ℓ, b – довжина та ширина ванни, м, відповідно.

Продуктивність вентиляції V_n за середньої швидкості підйому аерозолу над ванною за рахунок конвективних потоків U визначають як

$$V_n = U \cdot a \cdot \ell, \quad (3)$$

$$U = 0,155 \sqrt[3]{Q_0} . \quad (4)$$

Аналіз розрахункових даних щодо продуктивності системи витяжної вентиляції в травильному відділенні (рис. 2) показав, що її збільшення прямо пропорційно залежить від зростання значень ширини та довжини травильної ванни, що пов'язано з підвищенням площі відкритої поверхні. Обрано доцільний діапазон ширини травильної ванни у межах 0,9...1,2 м.

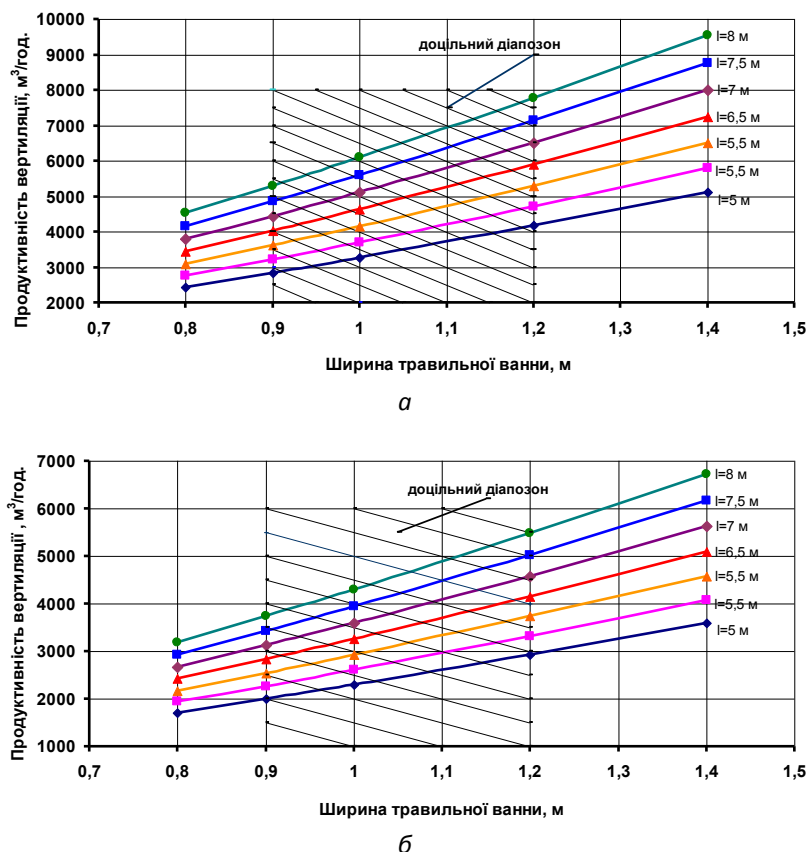


Рисунок 2 – Залежність продуктивності вентиляції в травильному відділенні від ширини травильної ванни за температури повітря навколо ванни 289 К (а) та 313 К (б)

Вибирання допустимої температури повітря навколо травильної ванни повинен відповідати умовам мікроклімату виробничої зони травильного відділення. Згідно ДСН 3.3.6.042-99 [14] допустима температура повітря робочої зони в травильному відділенні складає 290...296 К у холодний період року та 291...300 К у теплий період року за однакових параметрів ванни потрібна продуктивність вентиляції в холодну пору року на 29,4% вища ніж у його теплу пору.

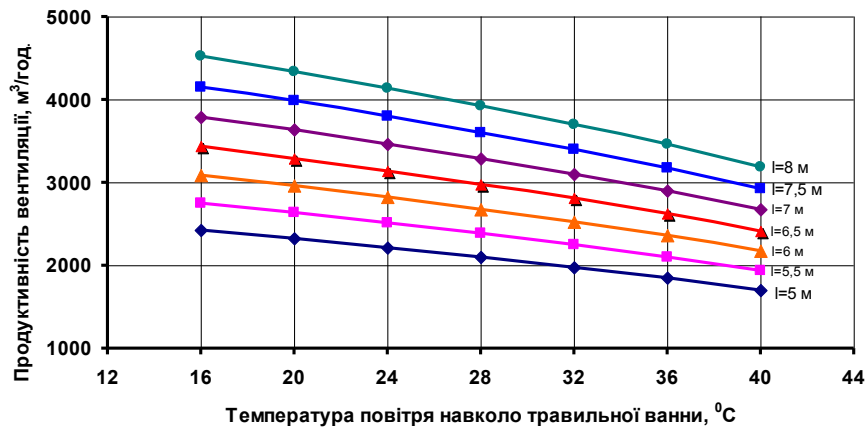
Як показав аналіз залежності продуктивності вентиляції в травильному відділенні від температури повітря навколо ванни (рис. 3), зростання температури від 293 К до 313 К прямо пропорційно знижує продуктивність вентиляції на 71%, при цьому збільшення ширини ванни з 0,8 м до 1,4 м підвищує продуктивність вентиляції на 48%.

Висновки та перспективи подальшого розвитку у даному напрямку.

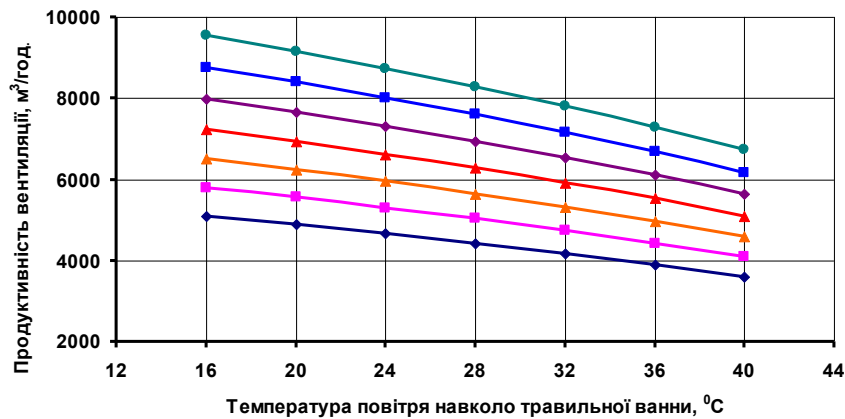
1. Травильні відділення металургійних підприємств поступово переходять від використання сірчаної кислоти на соляну кислоту, тому для відведення шкідливих парів кислот від технологічних ванн доцільно застосовувати двохбортові відсмоктувачі.

2. Аналіз впливу температури виробничого середовища на продуктивність двохбортових відсмоктувачів показав, що допустима температура повітря робочої зони в травильному відділенні для холодної пори року складає 290...296 К та для теплої пори року

291...300 К, при цьому зростання температури повітря навколо ванни з 289 К до 313 К знижує продуктивність вентиляції на 71%.



а



б

Рисунок 3 – Залежність продуктивності вентиляції в травильному відділенні від температури повітря навколо ванни при ширині ванни 0,8 м (а) та 1,4 м (б)

3. Аналіз впливу параметрів травильних ванн на продуктивність вентиляції показав, що збільшення ширини ванни з 0,8 м до 1,4 м підвищує продуктивність вентиляції на 48%. Обрано доцільний діапазон ширини травильної ванни.

4. Серед подальших напрямків роботи потрібно виділити доцільність напрямку реконструкції травильних ванн з урахуванням типу кислоти, що використовують, та умов праці у виробничому середовищі.

Бібліографічний перелік

1. MetalloPraktik.ru. Технология производства металлопроката. Опыт. Исследования. Результаты. Немного об окалине. URL: <http://metallopraktik.ru/novosti/nemnogo-ob-okaline/> (дата звернення: 15.10.2020).
2. Травление окалины и ее механизм. URL: <https://ecm-zink.ru/info/stati/travlenie-okaliny-i-ee-mexanizm.html> (дата звернення: 15.10.2020).
3. Шевченко Л. А., Зелинская В. В., Жупинская Л. Т. Исследование процесса травления горячекатаного полосового проката в турбулентном потоке солянокислотных травильных растворов. *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сборник научн. трудов.* Дніпропетровськ: ІЧМ НАН України, 2008. Вип. 17. С. 167-171.

4. Сычков А. Б., Жигарев М. А., Жукова С. Ю. Обеспечение удаления окалины с поверхности катанки перед волочением. *Метизы*. 2007. Вып. 2(15). С. 48-54.
5. Шкірко І. В. Дослідження впливу сірчаної кислоти на процес кристалізації сульфату заліза з відпрацьованого травильного розчину. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2006. № 5. С. 59-62.
6. Кочев А. Г. Вентиляция промышленных зданий и сооружений. Нижний Новгород : Издание ННГАСУ, 2011. 178 с.
7. Шарифуллин В. М. Сравнительный анализ методик расчета бортовых отсосов. *Проблемы науки*. 2018. № 3(26). С. 11-13.
8. Дерябина Е. С., Смирнова В. М., Пачурин Г. В., Горшкова Т. А. Оценка эффективности технических средств защиты воздуха термических цехов. *Фундаментальные исследования*. 2017. № 2. С. 52-56.
9. Филиппов А. А., Пачурин Г. В., Кузьмин Н. А. Оценка опасных и вредных факторов при производстве калиброванного проката и их устранение технологическими методами. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 7-2. С. 161-164.
10. НПА ОП 28.0-1.03-08. Правила охорони праці у метизному виробництві [Чинний від 2008-12-29]. Київ: Державний комітет з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, 2008. 82 с.
11. Фактолов Л. И. Основы проектирования литейных цехов и заводов: учебн. для вузов. Москва: Машиностроение, 1979. 376 с.
12. Капустенко П. А., Илюнин О. О., Перевертайленко А. Ю., Самер Лага. Моделирование процесса непрерывного травления листовой углеродистой стали в условиях неопределенности. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2020. № 2. С. 35-44.
13. Ульянов В. А. Расчет бортовых отсосов из технологических ванн травления металлов и сплавов: метод. указания к практическим и лабор. занятиям для студентов. Ч. 3. Нижний Новгород: НГТУ, 2007. 12 с.
14. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Чинний від 1999-12-01]. Київ: Міністерство охорони здоров'я України. Головне саніт.-епідем. упр., 1999. 15 с.

References

1. MetalloPraktik.ru. Tehnologija proizvodstva metalloprokata. Opyt. Issledovanija. Rezul'taty. Nemnogo ob okaline. Available at: <http://metallopraktik.ru/novosti/nemnogo-ob-okaline/> (accessed 15.10.2020)
2. Travlenie okaliny i ejo mehanizm. Available at: <https://ecm-zink.ru/info/stati/travlenie-okaliny-i-ee-mexanizm.html> (accessed 15.10.2020).
3. Shevchenko L. A., Zelinskaja V. V., Zhupinskaja L. T. Issledovanie processa travlenija gorjachekatanogo polosovogo prokata v turbulentnom potoke soljanokislotnyh travil'nyh rastvorov. *Fundamental'nye i prikladnye problemy chernoj metallurgii: sb. nauchn. trudov. Dnipropetrovs'k: IChM NAN Ukraїni*, 2008. vol. 17. pp. 167-171.
4. Sychkov A. B., Zhigarev M. A., Zhukova S. Ju., Perchatkin A. V., Peregudov A. V., Gunkina O. G., Vereshhagina O. N. Obespechenie udalenija okaliny s poverhnosti katanki pered volocheniem. *Metizy*. 2007. vol. 2(15). pp. 48-54.
5. Shkirko I. V. Doslidzhennya vply`vu sirchanoy ky`sloty` na protses kry`stalizatsiyi sul`fatu zaliza z vidpratsz`ovanogo travyl`nogo rozchy`nu. *Visny`k Vinny`tsz`kogo politexnichnogo insty`tutu*. 2006. no. 5. pp. 59-62.
6. Kochev A. G. Ventiljatsija promyshlennyh zdaniy i sooruzhenij. Nizhnij Novgorod: Izdanie NNGASU, 2011. 178 p.
7. Sharifullin V. M. Sravnitel'nyj analiz metodik raschjota bortovih otsosov. *Nauchnyj zhurnal. Problemy nauki*, 2018. no. 3(26). p. 11-13.
8. Derjabina E. S., Smirnova V. M., Pachurin G. V., Gorshkova T. A. Otsenka jeffektivnosti tehnicheskikh sredstv zashhity vozduha termicheskikh cehov. *Fundamental'nye issledovanija*. 2017. no. 2. pp. 52-56.

9. Filippov A. A., Pachurin G. V., Kuz'min N. A. Otsenka opasnyh i vrednyh faktorov pri proizvodstve kalibrovannogo prokata i ih ustranenie tehnologicheskimi metodami. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. 2016. no. 7-2. pp. 161-164.
10. NPAOP 28.0-1.03-08. *Pravyla okhorony pratsi u metyznomu vyrobnytstvi* [Chynnyy vid 2008-12-29]. Kyiv: Derzhavnyy komitet z promyslovyi bezpeky, okhorony pratsi ta hirnychoho nahlyadu, 2008. 82 p.
11. Fantalov L.I., Knorre B.V., Chetveruhin S.I. Osnovy proektirovaniya litejnyh tsehov i zavodov: uchebn. dlja vuzov po special'nostjam «Mashiny i tehnologija litejnogo proizvodstva» i «Litejnoe proizvodstvo chernyh i tsvetnyh metallov»; pod red. B. V. Knorre. 2-e izd., pererab. Moskva: Mashinostroenie, 1979. 376 p.
12. Kapustenko P. A., Iljunin O. O., Perevertajlenko A. Ju., Samer Laga. Modelirovanie processa napreryvnogo travlenija listovoj uglerodistoj stali v uslovijah neopredeljonnosti. *Integrovani tehnologii ta energozberezhenja*. 2020. no. 2. pp. 35-44.
13. Ul'janov V. A., Gushhin V. N., Balan S. A., Jarovaja E. I. Raschet bortovyh otsosov iz tehnologicheskikh vann travlenija metallov i splavov: metod. ukazaniya k prakticheskim i lab. zanjatijam dlja studentov spec. 1103, 1105, 1203, 1208 vseh form obrazovanija. Ch.3. Nizhnij Novgorod: NGTU, 2007. 12 p.
14. DSN 3.3.6.042-99. *Sanitarni normy mikroklimatu vyrobnychych prymishchen'* [Chynnyy vid 1999-12-01]. Kyiv: Ministerstvo okhorony zdorov'ya Ukrainy. Holovne san.-epidem. upr., 1999. 15 p.

Tarasov Vyacheslav, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporizhzhia national university.

Vodennikova Oksana, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporizhzhia national university.

Vodennikov Sergii, Professor, doctor of technical sciences, Zaporizhzhia polytechnic national university.

Lysenko Yehor, student, Zaporizhzhia national university.

Makushyna Mylana, student, International Humanitarian university, c. Odessa.

INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF ON-BOARD SUCTION VACUUM CLEANERS' USE

Modern technical means of environment protection from dangerous and harmful effects in pickling workshops of metallurgical enterprises are analyzed. It is defined that in metal etching the efficiency of scale removal depends on its chemical composition, structure, thickness and etching conditions, in particular the choice of acid type (sulfuric or hydrochloric) and etching technology. The use of single- or double-sided extractors is proposed in order to prevent harmful substances from getting the air into the working area of the pickling tank. It is analyzed that the amount of air removed by single- and double-sided extractors is determined depending on the width and height of the pickling bath; the level of liquid (sulfuric or hydrochloric acids) in the bath; indoor air mobility and the temperature difference between the solution and the ambient air. The use of double-sided suction pumps is proposed for the removal of aerosols formed from technological baths for the conditions of the pickling workshops of JISC «Zaporizhstal», which switched of scale from sulfuric to hydrochloric acid during the etching. The influence of the parameters of pickling baths (width and length) and the temperature of the production environment on the productivity of double-sided suction pumps is analyzed. It is defined that the allowable air temperature of the working area in the pickling department for the cold and warm seasons is 290...296 K and 291...300 K, respectively, while the increase in air temperature around the bath from 289 K to 313 K directly proportionally reduces productivity ventilation by 71%. Increasing the width of the pickling bath by 0.6 m increases the ventilation productivity by 48%, so the range from 0.9 m to 1.2 m is chosen for the appropriate range of tank width. It is necessary to allocate expediency of the direction of reconstruction of pickling baths taking into account the type of acid which will be used, and working conditions in the production environment among the further directions of research.

Стаття надійшла: 08.11.2020 р.