

О.О. Тригуба, к.т.н., Б.О. Білінський, к.т.н., П.О. Іщук (Державний університет безпеки життєдіяльності)

ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ ТА НЕШКІДЛИВИХ УМОВ ПРАЦІ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ГІДРОЛІЗНОЇ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ НА ЗАТ «КРИМСЬКИЙ ТИТАН»

Наводяться результати дослідження температурних умов та чистоти повітря дільниці при упаренні гідролізної сульфатної кислоти на спеціально змодельованій установці у лабораторних умовах. Передбачено оптимальну вентиляцію, розраховано штучне освітлення та захисне заземлення дільниці утилізації гідролізної сульфатної кислоти

Ключові слова: утилізація сульфатної кислоти, безпечні і нешкідливі умови праці.

Постановка проблеми. На ЗАТ «Кримський титан», який є виробником пігментного TiO_2 , є багатотоннажний відхід виробництва – гідролізна сульфатна кислота, яка накопичується у хвостосховищах та забруднює навколишнє середовище. Тому пошук раціонального методу утилізації цього відходу є вкрай необхідним.

Одним з основних завдань будь-якого підприємства при впровадженні нової технології є забезпечення безпечних умов праці, що значною мірою залежать від аналізу небезпечних та шкідливих виробничих факторів із врахуванням особливостей трудового процесу. Підвищення рівня безпеки на підприємстві досягається проведенням комплексу інженерно-технічних та організаційних заходів. Тому вирішення завдання формування безпечних умов праці на підприємстві є питанням актуальним і залежить, перш за все, від створення безпечної технології.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблемі утилізації гідролізної сульфатної кислоти приділяється все більша увага. Відомо спосіб концентрування відпрацьованих розчинів сульфатної кислоти [1]. Проте запропонована технологія має ряд недоліків: в процес на зневоднення та висолювання подають семиводний заліза (II) сульфат, внаслідок цього знижується концентрація кислоти, а відтак, для промислового використання її необхідно повторно випаровувати з затратною значних енергетичних ресурсів; випаровувати суспензію заліза (II) сульфату в сульфатній кислоті важко, оскільки можливе забивання твердими частинками $FeSO_4 \cdot H_2O$ диспергуючих пристроїв, комунікацій, запірної арматури. Крім того, одержана кислота має високий вміст заліза (II) сульфату (3...5%), що обмежує область її застосування.

На основі аналізу відповідної літератури, теоретичних положень, пошукових лабораторних досліджень розроблено спосіб концентрування відпрацьованих розчинів сульфатної кислоти [2], який дає змогу одержати концентровану (55%) сульфатну кислоту з низьким вмістом заліза (II) сульфату в розчині (0,3...0,4% у перерахунку на Fe), яка придатна для виробництва мінеральних добрив. Запропонований метод упарювання гідролізної сульфатної кислоти є економічно ефективним, оскільки упарена сульфатна кислота повторно використовується, при цьому затрати на сировину будуть мінімальні. Проте, на даному етапі не розроблені заходи безпечної роботи працівників під час проведення такого технологічного процесу.

Метою роботи є на основі попередньо розробленої технології утилізації гідролізної сульфатної кислоти розробити заходи безпечної роботи людей на ЗАТ «Кримський титан».

Виклад основного матеріалу. Згідно з розробленим способом, процес утилізації гідролізної сульфатної кислоти на ЗАТ «Кримський титан» складається з таких стадій: упарення гідролізної кислоти за температури $130^\circ C$ гарячими відхідними газами, які

поступають після печей прожарювання пасти метатитанової кислоти з температурою 350-400°C; охолодження упареної кислоти барботуванням повітря, з утворенням кристалів $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; фільтрування упареної кислоти і кристалів.

У розробленому технологічному процесі упарення гідролізної сульфатної кислоти у повітря виробничих приміщень ЗАТ «Кримський титан» через нещільності у вузлах, розгерметизацію обладнання тощо можуть надходити шкідливі пари сульфатної кислоти. Це може призвести до забруднення повітря дільниці, і, як наслідок, до травматизму. Крім того, упарення кислоти здійснюється гарячими газами, які поступають з температурою 350-400°C. Це може призвести до підвищення температури виробничих приміщень. Тому ми спробували встановити температурні умови та чистоту повітря дільниці при упаренні гідролізної сульфатної кислоти на спеціально змодельованій установці у лабораторних умовах.

Для досліджень використовували проби гідролізної сульфатної кислоти, яка відібрана з трубопроводу на вході в хвостосховище виробництва ЗАТ «Кримський титан».

Експериментальні дослідження проводили на установці, змонтованій в науково-дослідній лабораторії кафедри хімії і технології неорганічних речовин Національного університету «Львівська політехніка». Для цих досліджень ми в умовах лабораторії моделювали процес упарення гідролізної сульфатної кислоти викидними газами печей прожарювання. Лабораторна установка показана на рис 1. Згідно з даними ЗАТ «Кримський титан» відхідні гази після печей прожарювання пасти метатитанової кислоти мають температуру ~350°C та містять близько 18% (об.) водяної пари. Тому для імітації газів печей прожарювання пасти метатитанової кислоти їх необхідно було нагрівати та зволожувати. Для цього повітря компресором 8 подавали в нагрівач 2. До нагрівача в повітря вводили водяну пару з випарювача 1. У нагрівачі 2 температура пароповітряної суміші доводилася до необхідного значення.

Витрату повітря контролювали за допомогою реометра 7. Витрату водяної пари визначали гравіметрично – за різницею маси води в випарювачі 1 до і після досліду та перераховували на об'єм водяної пари. Інтенсивність випаровування води в випарювачі 1 та нагрівання пароповітряної суміші в нагрівачі 2 регулювали трансформаторами 9 та 10 відповідно.

Приготована парогазова суміш, з заданою температурою та вологістю, надходила в головний апарат установки - випарну колону 3. Протитечійно до парогазового потоку у випарну колону в крапельному режимі подавали сульфатну кислоту заданої концентрації.

Колона випарювання – циліндричний апарат, внутрішня робоча частина якого виготовлена з кварцової трубки з внутрішнім діаметром 43 і довжиною 950 мм (робочий об'єм 1,38 л). Для компенсації втрати теплоти в навколишнє середовище зовні до кварцової трубки підводилась теплота за допомогою ніхромової спіралі, яка була підключена до джерела електричного струму. Інтенсивність нагрівання регулювалась трансформатором 14. Крім того, випарна колона була захищена кожухом (скляна трубка), теплоізольована, оснащена штуцерами для введення і виведення парогазового потоку та капіляром подавання кислоти і пристроєм для вловлення упареної кислоти. На штуцерах є патрубки для встановлення термометрів або термопар.

Кислота з мірної посудини 5 після попереднього підігрівання в змієвиковому нагрівачі 4 самоплином поступала на упарення в колону 3. Температура кислоти задавалась водяним термостатом 6 завдяки безперервній циркуляції теплоносія в зовнішньому контурі теплообмінника 4. Контроль температури здійснювався за допомогою термометра 16. Кислота в колону подавалась в крапельному режимі, швидкість витікання регулювалась за допомогою крана 15.

Температуру виробничого приміщення (лабораторії), де відбувався процес упарення гідролізної сульфатної кислоти, вимірювали за допомогою парного термометра, який складається з двох ртутних термометрів (із зачорненням та посрібленим резервуарами).

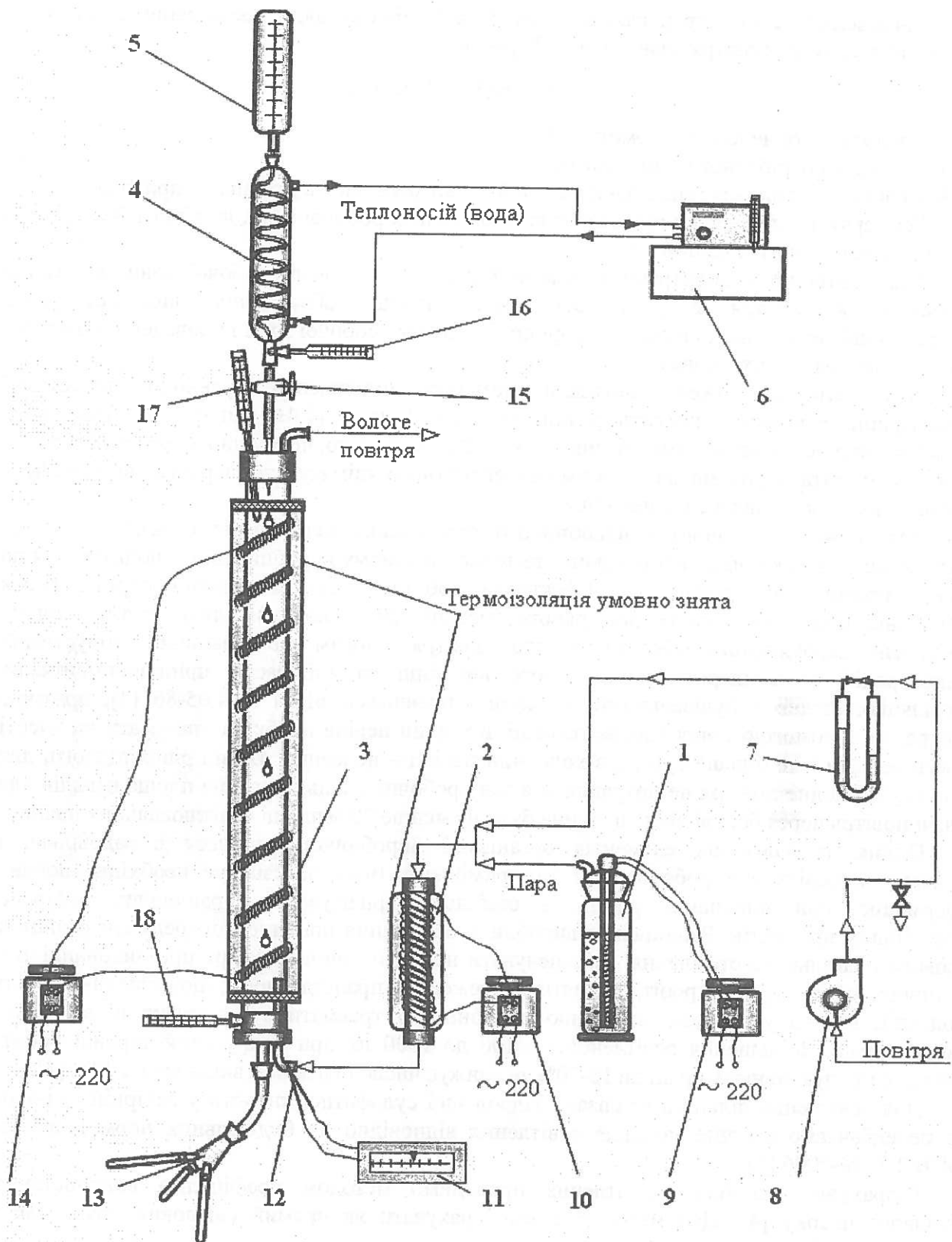


Рис.1. Лабораторна установка для вивчення процесу упарювання гідролізної кислоти:
 1-випарювач води; 2- нагрівач пароповітряної суміші; 3- колона випарювання; 4- змієвиковий нагрівач;
 5- мірна посудина; 6-термостат; 7- реометр; 8 компресор; 9,10, 14 – трансформатори;
 11- вторинний прилад термопар (мілівольтметр); 12- термопара;
 13- пристрій для вловлення упареної кислоти; 15- дозуючий кран; 16,17,18- термометри.

Зачорнений термометр поглинає теплові випромінювання, а посріблений відбиває їх. Дійсну температуру повітря визначали за формулою:

$$T_o = T_q - K(T_q - T_c), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

де T_q – покази зачорненого термометра, $^\circ\text{C}$;

T_c – покази посрібленого термометра, $^\circ\text{C}$;

K – константа приладу (визначається при його виготовленні та вказана на приладі).

Температуру повітря вимірювали у кількох точках робочої зони, на рівні 1,3—1,5 м та 0,2—0,3 м від підлоги в різний час.

Для контролю концентрації сульфатної кислоти у повітрі робочої зони, що могла потрапити в повітря в результаті розгерметизації обладнання, використовували лабораторний метод, що полягає у відборі проб повітря з робочої зони і проведенні хімічного аналізу в лабораторних умовах.

Результати досліджень показали незначне підвищення гранично допустимої концентрації сульфатної кислоти в повітрі робочої зони ($1,4 \pm 0,2 \text{ мг/м}^3$) та підвищення температури в усіх точках вимірювання на $8 \dots 12^\circ\text{C}$. Крім того, необхідно врахувати, що ЗАТ «Кримський титан» розташований в умовах спекотного клімату і температура виробничого приміщення може піднятися дещо вище.

Для нормалізації повітря виробничого приміщення передбачаємо загальнообмінну вентиляцію, оскільки шкідливі речовини та тепло на даному виробництві розподіляються по усьому приміщенню рівномірно. Ефективна робота систем вентиляції сприяє також вирішенню проблеми захисту повітряного басейну. Дія такої вентиляції ґрунтується на розбавленні забрудненого або підігрітого повітря свіжим до гранично допустимих концентрацій чи температур. Для даного виробництва вибираємо припливно-витяжну вентиляцію. Згідно з будівельними нормами і правилами БНіП 2.04.05-86 [3], притічне повітря, за допомогою природної вентиляції, в теплий період необхідно подавати на висоті не менше 0,3 м і не більше 1,8 м, а в холодний період – не менше 4 м від рівня підлоги, для того, щоб холодне повітря не потрапляло в зону робочих місць. Загальна площа каналів для подачі повітря через бокові вікна повинна бути не менше 20% площі освітлювальних вікон.

Одним із важливих елементів організації виробничого процесу є задовільне і раціональне освітлення робочих зон та приміщень. Воно забезпечує необхідну зорову інформацію при виконанні робіт та стабільне орієнтування працюючих відносно навколишніх предметів. Раціональне виробниче освітлення повинно попереджати розвиток зорового і загального стомлення, забезпечувати психологічний комфорт при виконанні тих чи інших видів зорових робіт, сприяти збереженню працездатності, поліпшенню якості продукції, що випускається, зниженню виробничого травматизму, а також підвищенню безпеки праці. Збільшення освітленості з 100 до 1000 лк при напруженій зоровій роботі підвищує продуктивність праці на 10-20% та знижує число нещасних випадків на 30% [4].

Для освітлення дільниці утилізації гідролізної сульфатної кислоти у вечірній і нічний час передбачаємо штучне загальне освітлення відповідно до будівельних норм і правил ДБНВ 2.5.-28-2006 [5].

Розрахунок штучного освітлення проводимо методом коефіцієнта використання світлового потоку [4]. Цей метод дозволяє врахувати як прямий світловий потік, так і відбитий від стін та стелі.

Визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установки за формулою:

$$F_{\Sigma} = (E_n \cdot S_n \cdot K \cdot Z) / \eta, \text{ лм} \quad (2)$$

де E_n - нормована освітленість для V розряду зорових робіт, $E_n = 150 \text{ лк}$;

S_n - площа підлоги $6,5 \times 42 = 273 \text{ м}^2$;

K - коефіцієнт запасу для люмінесцентних ламп, $K = 1,2-1,5$;

Z - коефіцієнт мінімальної освітленості ($Z = 1,1-1,2$);

η - коефіцієнт використання світлового потоку, який визначаємо за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення, коефіцієнта відбивання світла від стелі, стін, робочої поверхні, від типу світильника.

Показник приміщення визначаємо за формулою:

$$i = (a \cdot b) / H_{p,n} \cdot (a + b) = (6,5 \cdot 42) / 4,5 \cdot (6,5 + 42) = 1,25, \quad (3)$$

де a і b - відповідно ширина і довжина приміщення, м;

$H_{p,n}$ - висота підвіски світильника над робочою поверхнею, м. Світильник розміщений на висоті 6,5 м від 0 відмітки.

Визначаємо $H_{p,n}$ за формулою:

$$H_{p,n} = 6,5 - h_p = 6,5 - 2,0 = 4,5 \text{ м}, \quad (4)$$

де h_p - висота робочої поверхні.

Вибираємо $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$, $\rho_{\text{стін}} = 30\%$, $\rho_{\eta} = 10\%$

При $i=1,25$ та прийнятих коефіцієнтах відбивання світла для газорозрядних ламп $\eta = 0,34$.

$$F_{\Sigma} = (150 \cdot 273 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / 0,34 = 198730 \text{ Лм}.$$

Кількість ламп становитиме:

$$n_n = F_{\Sigma} / F_n = 198730 / 4070 \approx 50 \quad (5)$$

де F_n - світловий потік однієї лампи. Вибираємо лампу типу ЛД 80-4,

$$F_n = 4070 \text{ Лм}.$$

Кількість світильників:

$$n_{cb} = n_n : n = 50 : 2 = 25 \text{ шт}; \quad (6)$$

де n - кількість ламп у світильнику.

Стан повітряного середовища ділянки утилізації гідролізної сульфатної кислоти, а саме вологість, сирість, пил, що проводять струм, пари сульфатної кислоти, які знищують ізоляцію електроустановок і створюють загрозу переходу напруги на корпус, висока температура навколишнього повітря, яка знижує електричний опір тіла людини і збільшують небезпеку ураження її струмом. Тому ділянка утилізації гідролізної сульфатної кислоти належить до приміщень із підвищеною небезпекою, що пов'язане з можливістю ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом. У відділенні є значна кількість контрольно-вимірювальної апаратури, електрообладнання, струмопровідні лінії.

Основними заходами профілактики аварійних ситуацій при експлуатації обладнання і електромереж є:

- ізоляція струмопровідних частин і провідників (опір ізоляції згідно з правилами будови електроустановок НПАОП-40.1-1.32-01 [6] дорівнює не менше 500кОм);
- забезпечення надійних контактів;
- розміщення розподільних щитків в металевих шафах;
- для аварійного від'єднання застосування блокувальних пристроїв та захисних від'єднань згідно з НПАОП-40.1-1.32.01;
- застосування струмів безпечної напруги.

На ділянці також передбачено застосування засобів індивідуального захисту: діелектричних рукавиць, ботів, гумових килимків, інструменту з ізольованими ручками.

Металеві неструмопровідні частини апаратів, електричні пристрої, що знаходяться окремо (шафи, пульти управління) можуть опинитись під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, тому передбачаємо захист –заземлення і занулення та блискавкозахист.

Розрахунок захисного заземлення. Вихідні дані: напруга живлення електрообладнання - 380/220В; ґрунт-суглинок, питомий опір - $\rho_{г.р} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$; діаметр стержня (труби) - $d = 0,05\text{м}$; глибина закладання заземлювача $h = 0,6\text{м}$; довжина заземлювача - $l = 2,5\text{м}$; ширина смуги $b = 0,04\text{м}$; відстань між стержнями $a = 5\text{м}$.

Вибираємо виносне заземлення, стержні якого розміщені по контуру.

1. Визначаємо опір розтікання струму в землі одного вертикального заземлювача, закладеного на глибину $h_l = 0,6\text{м}$ від поверхні землі за формулою:

$$R_{од} = \rho_{р.зр} / 2\pi \cdot l \cdot (\ln(2l/d) + 1/2 \cdot \ln(4t + l)/(4t - l)) \quad (7)$$

t - відстань від поверхні землі до середини заземлювача, м.

$t = h_l + l/2 = 0,6 + 2,5/2 = 1,85 \text{ м}$.

$R_{од} = 100 / (2 \cdot 3,14 \cdot 2,5) \cdot [\ln(2 \cdot 2,5 / 0,05) + 1/2 \cdot \ln(4 \cdot 1,85 + 2,5) / (4 \cdot 1,85 - 2,5)] = 21,6 \text{ Ом}$.

2. Визначаємо орієнтовну кількість заземлювачів:

$$n_{ор} = R_{од} / R_{зн} = 21,6 / 4 = 5,4 \quad (8)$$

де $R_{зн}$ - допустимий опір розтікання струму землі заземлюючого пристрою (вимоги ПУЕ), для напруг до 1000В і потужності трансформатора $S_{тр} \geq 100 \text{ кВ}$ становить $R_{зн} \leq 4 \text{ Ом}$.

3. Визначаємо відношення відстані між електродами до довжини електрода:

$$K = a/l = 5/2,5 = 2. \quad (9)$$

При приблизній кількості стержнів $K = 2$, $\eta_e = 0,75$.

4. Визначаємо дійсну кількість заземлювачів з врахуванням коефіцієнта екранування стержня η_e :

$$n_{од} = R_{од} / R_{зн} \cdot \eta_e = 21,6 / 4 \cdot 0,75 = 7,2. \text{ Приймаємо } 8 \text{ штук.} \quad (10)$$

5. Знаходимо довжину горизонтального заземлювача $L_{см}$, яка з'єднає вертикальні заземлювачі (заземлення виносне, розміщене по контуру), за формулою:

$$L_{см} = a \cdot n = 5 \cdot 8 = 40\text{м}. \quad (11)$$

6. Визначаємо опір горизонтального заземлювача $R_{см}$, прокладеного на глибині h від поверхні землі, за формулою:

$$R_{см} = (\rho_{г.р} / 2\pi L_{см}) \cdot \ln(2L_{см}^2 / b \cdot h); \text{ Ом.} \quad (12)$$

$$R_{см} = (100 / 2 \cdot 3,14 \cdot 40) \cdot \ln(2 \cdot 40^2 / 0,04 \cdot 0,6) = 4,8 \text{ Ом}.$$

7. Розраховуємо загальний опір заземлюючого пристрою за формулою:

$$R_{з.р.} = (R_{од} \cdot R_{см}) / (n_{од} \cdot R_{см} \cdot h + R_{од} \cdot \eta_{см}), \quad (13)$$

де - $\eta_{см}$ - коефіцієнт використання горизонтального заземлювача, який визначають за таблицями $\eta_{см} = 0,6$.

$$R_{з.р.} = (21,6 \cdot 4,8) / (8 \cdot 4,8 \cdot 0,6 + 21,6 \cdot 0,6) = 2,80 \text{ Ом}.$$

Отримане значення опору штучного заземлення не перевищує допустиме значення опору захисного заземлення, згідно з вимогами ПУЕ, тобто

$$R_{з.р.} = 2,80 \text{ Ом} < R_{зн} = 4 \text{ Ом}.$$

Висновки. На основі аналізу небезпечних шкідливих факторів, які можуть виникнути у розробленому технологічному процесі під час роботи, розроблено заходи безпечної роботи людей і захисту довкілля від забруднення, а саме: передбачено оптимальну вентиляцію, розраховане штучне освітлення та захисне заземлення.

Запропонований метод упарювання гідролісної сульфатної кислоти є економічно ефективним, оскільки упарена сульфатна кислота повторно використовується, при цьому затрати на сировину будуть мінімальні, оскільки сировиною є відхід виробництва, та безпечним для працюючих та довкілля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Патент № 4 163047, USA, 31.07.1979; фірми «Металлгезеллшафт АГ» і «Байер АГ», ФРГ.
2. Патент 32571 Україна, МПК С 01 В17/00. Спосіб концентрування відпрацьованих розчинів сульфатної кислоти / В. Т. Яворський, Я. А. Калимон, З. О. Знак, А. Б. Гелеш, О. О. Тригуба . - №200713792; заявл. 10.12.2007, опубл. 26.05.2008. – Бюл. №10.
3. БНІП 2.04.05.-86. Вентиляція, опалення та кондиціонування повітря у приміщеннях.
4. Катренко Л. А. Охорона праці: Навчальний посібник / Л. А. Катренко, Ю. В. Кіт, І. П. Пістун. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007.
5. ДБНВ.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
6. НПАОП 40.1-1.32.-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

О.А. Тригуба к.т.н., Б.О. Билинский, к.т.н., П.О. Ишук

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ БЕЗОПАСНЫХ И БЕЗВРЕДНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ГИДРОЛИЗНОЙ СУЛЬФАТНОЙ КИСЛОТЫ НА ЗАО «КРИМСЬКИЙ ТИТАН»

Наводятся результаты исследования температурных условий и чистоты воздуха цеха при утилизации гидролизной сульфатной кислоты на специально смоделированной установке в лабораторных условиях. Предвидено оптимальную вентиляцию, рассчитано искусственное освещение и защитное заземление цеха утилизации гидролизной сульфатной кислоты.

Ключевые слова: утилизация сульфатной кислоты, безопасные и безвредные условия труда.

О.О. Tryguba, Candidate of Science (Engineering), B.O. Bilinsky, Candidate of Science (Engineering), P.O. Ischuk

TO QUESTION OF CREATION OF SAFE AND HARMLESS TERMS OF LABOUR DURING UTILIZATION OF HYDROLIZED SULFATE ACID ON JOINT-STOCK COMPANY OF «KRIMSKIY TITAN»

The results of research of temperature terms and cleanness of air of workshop are pointed during utilization of hydrolized sulfate acid on the specially modelled setting in laboratory terms. Optimum ventilation is foreseen, lamplight and protective grounding of workshop of utilization of hydrolized sulfate acid have been expected.

Key words: utilization of sulfate acid, safe and harmless terms of labour