

ВИКОРИСТАННЯ ОЧИЩЕНИХ КОАГУЛЮВАННЯМ АТМОСФЕРНИХ СТІЧНИХ ВОД У ТЕХНІЧНОМУ ВОДОПОСТАЧАННІ ТРИКОТАЖНОЇ ФАБРИКИ

© Мацієвська О.О., Гнилянська У.І., Шевчук І.З., 2009

Наведено результати експериментальних досліджень щодо визначення оптимальної дози коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ для очищення атмосферних стічних вод.

In this article representable experimental results of determine an optimum dose of coagulant $Al_2(SO_4)_3$ for clearing storm sewage.

Постановка проблеми. У зв'язку з підвищенням тарифів на воду для промпідприємств пропонуємо використовувати очищені атмосферні стічні води для технологічних потреб трикотажної фабрики. Вимоги до якості технологічної води трикотажної фабрики наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Вимоги до якості технологічної води трикотажної фабрики [1]

Показник	Концентрація завислих речовин, мг/дм ³	pH	Твердість загальна, мг-екв/дм ³	Лужність загальна, мг-екв/дм ³	Fe _{заг} , мг/дм ³	Перманганатна окиньюваність, мгO ₂ /дм ³	Колірність, град
Значення	Не більше 8	6,5–8,5	7	7	0,1	10	<25

Атмосферні стічні води (СВ) забруднені переважно завислими речовинами (ЗР) та нафтопродуктами, концентрація яких коливається у широких межах [2, 3]. Пропоновані на ринку установки для прояснення таких вод складаються із сепаратора (нафтовловлювача) та резервуара-нагромаджувача. Вони дають змогу зменшити концентрацію ЗР до 12 мг/дм³. Проте очищені атмосферні СВ не можна використовувати для технологічних потреб трикотажної фабрики, оскільки вміст ЗР перевищує допустимий 8 мг/дм³. Зменшити концентрацію завислих речовин можна за допомогою процесу коагулювання. Пропонуємо в резервуарі-нагромаджувачі розташувати змішувач, в який подаватиметься розчин коагулянту.

Експериментальні дослідження. Мета досліджень – встановлення експериментально можливості використання очищених атмосферних СВ у технічному водопостачанні промислових підприємств (на прикладі трикотажної фабрики).

Завдання досліджень:

1. Експериментальне визначення залежності оптимальної дози коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ від вихідної концентрації завислих речовин під час прояснення модельних розчинів.
2. Експериментальне визначення залежності зміни pH від дози коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ та вихідної концентрації завислих речовин під час прояснення модельних розчинів.
3. Перевірка отриманих експериментальних залежностей під час прояснення атмосферних СВ.
4. Визначення питомої вартості коагулянту $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ для прояснення атмосферних СВ.

Оптимальну дозу коагулянту визначали експериментально у лабораторних умовах за стандартизованою методикою [4]. У вимірні циліндри місткістю 1 дм³ наливали по 1 дм³ досліджуваної води до мітки. Після цього в циліндри додавали різну кількість мілілітрів 1%-го розчину сульфату

алюмінію $Al_2(SO_4)_3$ із розрахунку отримання різних його доз у діапазоні, що охоплює пропоновану оптимальну дозу.

Додавши до води коагулянт, вміст циліндра інтенсивно перемішували скляною паличкою протягом 15–20 с, а потім продовжували перемішувати, але поволі та обережно (один оберт палички за 3–4 с) ще протягом 15 хв. Повільне перемішування сприяє формуванню пластівців коагулянту. Після цього циліндри залишали в спокої на 30 хв і візуально спостерігали за утворенням та осіданням пластівців. Через 30 хв із кожного циліндра сифоном відбирали по 200 мл води із верхнього шару, не скаламучуючи осаду. У відібраній пробі води визначали концентрацію завислих речовин.

Концентрацію ЗР у воді визначали фотоколориметричним методом. За допомогою фотоелектроколориметра марки КФК-2МП визначали коефіцієнт світлопропускання проби води. Концентрацію завислих речовин у пробі води визначали за калібрувальною кривою відповідно до коефіцієнта світлопропускання [5]. Значення рН проби води визначали за допомогою йоніметра універсального марки ЭВ-74.

Результати експериментальних досліджень. Виконували 4 серії досліджень прояснення модельних розчинів з вихідною концентрацією завислих речовин (C_{en}) 12, 30, 50 і 100 мг/дм³. Модельні розчини готували, додаючи у дистильовану воду певний об'єм робочого розчину із землянистими частинками, що мають гідравлічну крупність менше 0,05 мм/с.

Під час експериментів визначали: температуру (t), кінцеве значення концентрації ЗР (C_{ex}) та рН (pH_{ex}) модельних розчинів за різних доз коагулянту (D_k). Результати досліджень наведені у табл. 2–5 та на рис. 1–2. Результати статистичної обробки отриманих експериментальних даних свідчать про достовірність отриманих результатів.

Таблиця 2

Результати експериментального дослідження прояснення модельного розчину з вихідною концентрацією ЗР $C_{en} = 12$ мг/дм³*

№ циліндра	I		II		III		IV	
Об'єм коагулянту V_k , мл	0,1		0,2		0,3		0,5	
Доза коагулянту D_k , мг/дм ³	1		2		3		5	
Коефіцієнт світлопропускання τ	85,39	85,39	85,19	85,05	86,2	86,78	88,78	89,21
Кінцева концентрація ЗР C_{ex} , мг/дм ³	8,5	8,5	8,15	8,05	7,4	6,6	3,3	2,7
Середнє значення C'_{ex} , мг/дм ³	8,5		8,1		7,0		3,0	
pH_{ex}	5,28	5,24	5,15	5,03	4,93	4,87	4,57	4,52
Середнє значення pH'_{ex}	5,26		5,09		4,89		4,55	

*) t = 18,2°C;

pH_{en} (дистильованої води) = 5,84;

pH_{en} (модельного розчину) = 7,0.

Таблиця 3

Результати експериментального дослідження прояснення модельного розчину з вихідною концентрацією ЗР $C_{en} = 30$ мг/дм³*

№ циліндра	I		II		III		IV		V	
Об'єм коагулянту V_k , мл	2,5		5,0		7,5		10,0		15,0	
Доза коагулянту D_k , мг/дм ³	25		50		75		100		150	
Коефіцієнт світлопропускання τ	84,28	84,97	85,48	85,02	87,09	86,43	87,50	88,03	88,66	88,96
Кінцева концентрація ЗР C_{ex} , мг/дм ³	10,1	10,0	8,6	9,4	6,1	6,9	5,3	4,7	3,7	3,1
Середнє значення C'_{ex} , мг/дм ³	10,05		9,0		6,5		5,0		3,4	
pH_{ex}	4,57	4,53	4,22	4,38	4,11	4,19	4,05	3,91	3,82	3,92
Середнє значення pH'_{ex}	4,55		4,25		4,15		3,98		3,75	

*) t = 17,0°C;

pH (дистильованої води) = 5,55;

pH (модельного розчину) = 6,31

Таблиця 4

**Результати експериментального дослідження прояснення модельного розчину
з вихідною концентрацією ЗР $C_{en} = 50 \text{ мг/дм}^3$ ***

№ циліндра	I		II		III		IV		V	
Об'єм коагулянту $V_{кз}$, мл	10		15		17,5		20		25	
Доза коагулянту $D_{кз}$, мг/дм ³	100		150		175		200		250	
Коефіцієнт світлопропускання τ	80,15	81,19	83,74	84,19	85,39	85,39	86,43	82,0	82,38	82,74
Кінцева концентрація ЗР C_{ex} , мг/дм ³	17,2	15,8	11,5	10,9	8,5	8,5	6,9	6,1	5,8	5,2
Середнє значення C'_{ex} , мг/дм ³	16,5		11,2		8,5		6,5		5,5	
pH _{ex}	4,0	3,92	3,84	3,83	3,77	3,77	3,86	3,56	3,65	3,51
Середнє значення pH' _{ex}	3,96		3,84		3,77		3,71		3,58	

*) $t = 17,8^\circ\text{C}$;

pH (дистильованої води) = 5,84;

pH (модельного розчину) = 7,0

Таблиця 5

**Результати експериментального дослідження прояснення модельного розчину
з вихідною концентрацією ЗР $C_{en} = 100 \text{ мг/дм}^3$ ***

№ циліндра	I		II		III		IV		V	
Об'єм коагулянту $V_{кз}$, мл	15		20		25		30		35	
Доза коагулянту $D_{кз}$, мг/дм ³	150		200		250		300		350	
Коефіцієнт світлопропускання τ	76,22	76,63	77,69	79,42	80,38	81,48	87,29	86,34	87,49	88,23
Кінцева концентрація ЗР C_{ex} , мг/дм ³	23,4	23,0	21,2	18,4	16,9	15,5	7,6	6,4	5,9	4,1
Середнє значення C'_{ex} , мг/дм ³	23,2		19,8		16,2		7,0		5,0	
pH _{ex}	3,75	3,73	3,70	3,56	3,57	3,47	3,46	3,4	3,4	3,28
Середнє значення pH' _{ex}	3,74		3,63		3,52		3,43		3,34	

*) $t = 17,5^\circ\text{C}$;

pH (дистильованої води) = 5,84;

pH (модельного розчину) = 7,0.

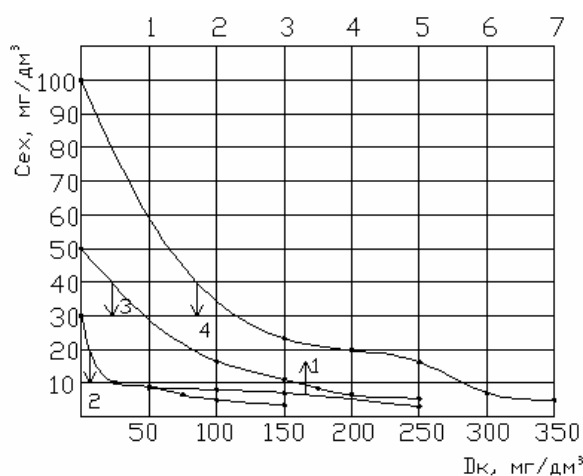


Рис. 1. Залежність концентрації завислих речовин в модельних розчинах C_{ex} від дози коагулянту D_k за різних значень C_{en} , мг/дм³: 1 – 12; 2 – 30; 3 – 50; 4 – 100

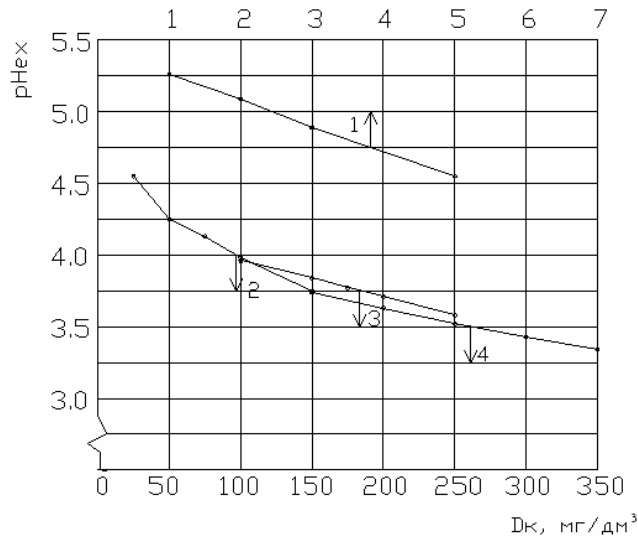


Рис. 2. Залежність pH_{ex} модельних розчинів від дози коагулянту D_k за різних значень C_{en} , мг/дм³: 1 – 12; 2 – 30; 3 – 50; 4 – 100

За результатами дослідження процесу прояснення модельних розчинів отримано експериментальну залежність оптимальної дози коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ від вихідної концентрації завислих речовин (рис. 3).

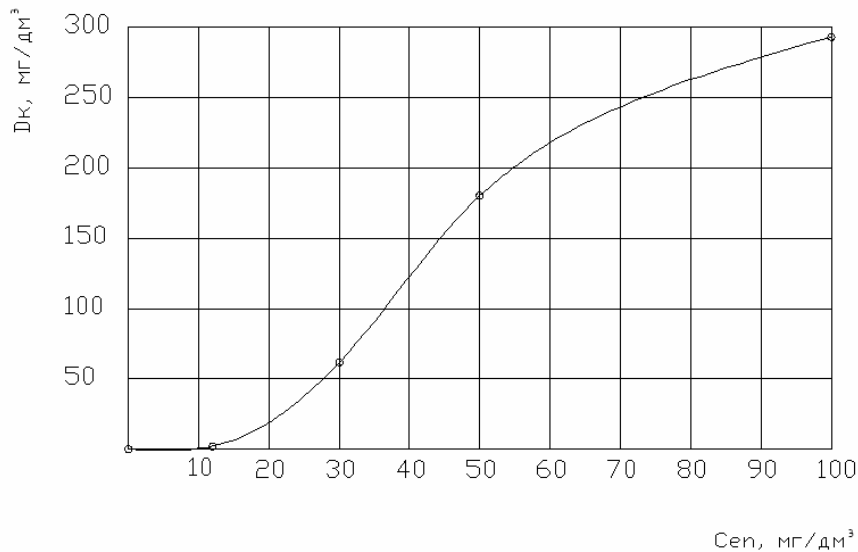


Рис. 3. Експериментальна залежність оптимальної дози коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ (D_k) від вихідної концентрації завислих речовин (C_{en}) у модельних розчинах

Ця графічна залежність описується рівнянням:

$$D_k = \frac{a}{(1 + e^{b - cC_{en}})^{1/d}}$$

де $a = 302,39477$; $b = 0,11807958$; $c = 0,059241642$; $d = 0,11149177$

Для перевірки отриманої залежності з водонепроникної поверхні міста відібрано атмосферні стічні води. Після попереднього відстоювання концентрація ЗР у дощовій воді становила $C_{en} = 86,8$ мг/дм³, $pH_{en} = 7,62$. Згідно з рис. 3 та наведеною вище формулою оптимальна доза коагулянту $D_k = 285,12$ мг/дм³. Після коагулювання домішок атмосферних СВ вміст завислих речовин в них зменшився до $7,98$ мг/дм³, а pH до $4,32$ (рис. 4, 5).

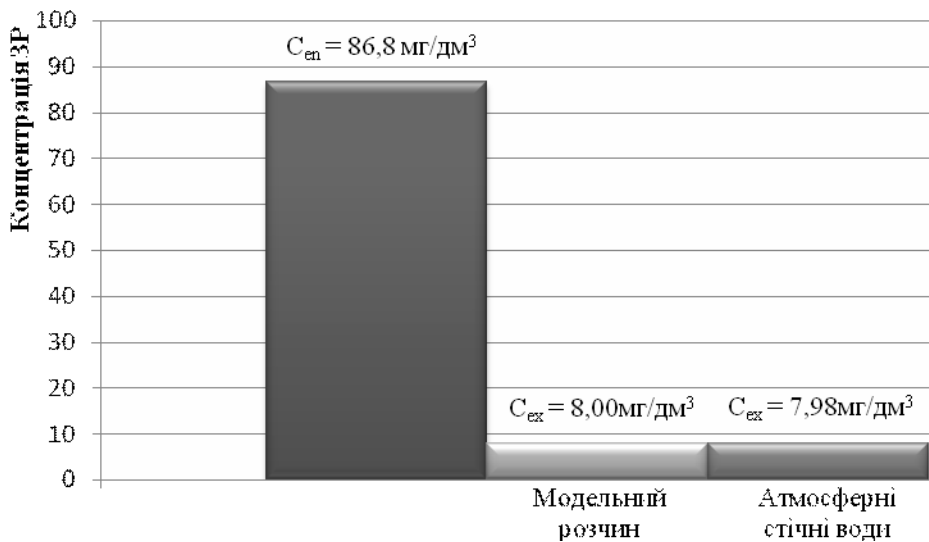


Рис. 4. Зміна концентрації завислих речовин під час коагулювання модельного розчину та атмосферних стічних вод

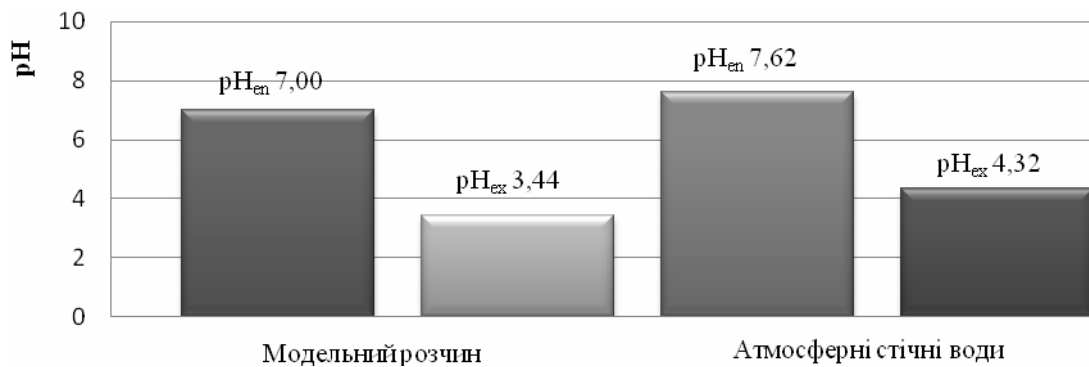


Рис. 5. Зміна pH під час коагулювання модельного розчину та атмосферних стічних вод з $C_{ен} = 86,8 \text{ мг/дм}^3$

Вартість 1 кг коагулянту $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ (станом на листопад 2008 р.) становить 11,10 грн. Для коагулювання 1 м^3 дощових вод з вмістом завислих речовин $C_{ен} = 12 \text{ мг/дм}^3$ потрібно 4,1 г коагулянту $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$, а отже 0,046 грн. Відповідно для води з $C_{ен} = 100 \text{ мг/дм}^3$ необхідно 574,47 г $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ – 6,377 грн/м³.

Висновки

1. Доведено можливість застосування доочищених дощових стічних вод у технічному водопостачанні трикотажної фабрики.
2. Визначено експериментальну залежність оптимальної дози коагулянту $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ від вихідної концентрації завислих речовин у модельних розчинах, яка описується рівнянням

$$D_k = \frac{a}{(1+e^{b-cC_{ен}})^{1/d}}$$

3. Визначено експериментальні залежності зміни pH від дози коагулянту $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ у модельних розчинах. З'ясовано, що pH_{ек} модельних розчинів під час коагулювання завислих речовин зменшується в межах від 5,07 до 3,44 відповідно зі збільшенням оптимальної дози коагулянту від 2,1 до 294,6 мг/дм³.

4. Доведено можливість застосовування експериментальних залежностей під час очищення атмосферних стічних вод.

5. Питома вартість коагулянту $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ залежно від концентрації завислих речовин у дощових водах становить

- за $C_{\text{ен}} = 12 \text{ мг/дм}^3$ — 0,046 грн/м³;
- за $C_{\text{ен}} = 100 \text{ мг/дм}^3$ — 6,377 грн/м³.

1. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности / Совет Эконом. Взаимопомощи, ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1978. – 590 с. 2. Проблемы використання дощової води в інженерному облаштуванні міських територій / Е. Буришта-Адамяк, Е. Козловська, В.Ф. Малько // Пробл. водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2005. – Вип. 4. – С. 107–113. 3. Отведение и очистка поверхностных сточных вод / В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А.П. Нечаев и др. – Л.: Стройиздат, 1990. – 224 с. 4. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. – М.: Стройиздат, 1973. – 274 с. 5. Колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2МП. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – 44 с.

УДК 697.9:621;697:621

О.Т. Возняк, Х.В. Миронюк, І.Є. Сухолова, А.О. Четербок
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ПОВІТРОРозПОДІЛ ІЗ УТВОРЕННЯМ ЗАКРУЧЕНОЇ І ВІЯЛЬНОЇ НАСТИЛЬНОЇ СТРУМИНИ

© Возняк О.Т., Миронюк Х.В., Сухолова І.Є., Четербок А.О., 2009

Наведено результати експериментальних досліджень подачі припливного повітря в приміщення повітророзподільником з утворенням закрученої і віяльної настильної струмини для створення інтенсивнішої турбулізації повітряного потоку. Було виконано експериментальні дослідження за складеною матрицею планування чотирифакторного експерименту та отримані графічні залежності; побудовані номограми. Одержані результати цих досліджень дають змогу проводити інженерні розрахунки повітророзподілу із використанням закручених і віяльних настильних струмин.

In this article results of experimental investigations of air supply into the room by air distribution device which creates twisted and spreaded air jets for creation more intensive turbulization air flow in the room are presented. Experimental investigations in order to composed matrix were carried out; graphycal dependences have been obtained as well 4-factor chart has been design. Obtained results of these investigations give possibility to realize engineer calculations of air distribution with twisted and spreaded air jets.

Постановка проблеми. Фізичний стан повітряного середовища приміщення залежить від температури, вологовмісту, швидкості руху повітря, шуму, запиленості, запахів тощо. На умови комфорту значний вплив має саме швидкість руху повітря, величина якої створюється засобами вентиляційної техніки. У робочій (обслуговуваній) зоні приміщень повинні забезпечуватись нормовані параметри внутрішнього повітря, оскільки від того, наскільки санітарно-гігієнічні параметри мікроклімату технологічних приміщень відповідають фізіологічним потребам людини залежить, значною мірою, її здоров'я і працездатність. Відомо [1–10], що значний вплив на тепловий комфорт людини має також початкова турбулізація припливного повітряного потоку при його виході з насадку. Зокрема потрібно відмітити сприятливий вплив періодичної зміни цих