

В. П. Дулеба, Н. Я. Цюра, С. В. Дулеба
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра хімічної інженерії

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОСАДЖЕННЯ ВІДХОДІВ ВУГЛЕЗБАГАЧЕННЯ У РАДІАЛЬНИХ ВІДСТІЙНИКАХ

© Дулеба В. П., Цюра Н. Я., Дулеба С. В., 2017

Наведено результати дослідження процесу розділення суспензій у промислових відстійниках Червоноградської збагачувальної фабрики з використанням флокулянтів на основі поліакриламід. Описано процеси, що відбуваються всередині відстійника залежно від способу та швидкості подачі суспензії та їхній вплив на утворення горизонтальних та вертикальних течій. Проведено експериментальне дослідження поля концентрацій твердої фази суспензії по глибині та радіусу відстійника. На основі проведених досліджень зроблені висновки та подані рекомендації щодо підвищення ефективності роботи радіальних відстійників.

Ключові слова: розділення, відстійник, суспензія, флокулянт, поліакриламід.

V. P. Duleba, N. Ya. Tsiura, S. V. Duleba

RESEARCH OF DEPOSITION OF SEDIMENT PROCESS OF COALWASTES IN THE RADIAL TANKS

©Duleba V. P., Tsiura N. Ya., Duleba S. V., 2017

The article presents the results of research of the separation process of suspensions in Chervonohrad concentrator plant's industrial tanks using polyacrylamide flocculant. There were described the processes inside the tank, depending on the method and the rate of flow of the suspension and its influence on the formation of horizontal and vertical movements. Experimental Study of the concentration solids suspension depth and range clarifier. Based on the research conclusions and submitted recommendations to improve the effectiveness of radial settling tanks.

Key words: separation, tank, suspension, flocculant, polyacrylamide.

Постановка проблеми. Низька ефективність використання поверхні радіальних відстійників-не більше 10...40 % від теоретичного пов'язана з недосконалою гідравлічною схемою. Це пояснюється наявністю турбулентних і циркуляційних потоків, особливо у центральній частині апарата. Останні займають велику частину об'єму і створюються різницею швидкостей висхідного потоку, а також наявністю “мертвих зон”, що негативно впливають на процес осадження твердої фази. Розділення потоків суцільної та дисперсної фази відбувається у проміжній зоні – “зоні вільного осадження”. Причому розтікання вихідного потоку по об'єму відстійника відбувається не рівномірно, а має каскадний характер – суспензія доходить не до рівня зони. Ця обставина, з одного боку, є відхиленням від прийнятих у теорії потоку припущень, з іншого, – призводить до переведення частини

осадженої твердої фази знову у зважений стан, з третього, – коли частинки проходять через міжфазну межу розділу, вони сповільнюються внаслідок ударів до верхньої частини осаду і відбиваються об шар з меншою концентрацією. За такого відбивання потоків частинки твердої фази направляються вверх під відповідними кутами. Величина останніх визначається складною залежністю від швидкості подачі суспензії, її фізичних і фізико-хімічних параметрів, а також від параметрів оточуючої суспензії. Співвідношення вказаних параметрів можуть передбачати появу горизонтальних потоків, які впливають на рівномірність навантаження по перерізу апарата. За подачі вихідної суспензії на різні рівні у певних співвідношеннях могло б покращити розподіл частинок по об'єму апарата та інтенсифікувати процес розділення. У разі полідисперсності твердої фази у висхідному потоці відбувається класифікація за розмірами і порушується однорідність шару. Тому параметри процесу повинні мати складну функціональну залежність від гранулометричного складу суспензії.

Аналіз останніх публікацій. Під час розбивання з вхідного потоку утворюється більше, ніж один потік одного і того самого складу чи різних складів з різним ступенем фільтрування частинок різної природи.

За допомогою впровадження технологічних операцій розбивання і подальшої подачі на різні рівні потоків вихідної суспензії можна досягти підвищення питомих навантажень на відстійник за одночасного підвищення ефективності процесу розділення.

Система розбивання може складатись з таких стадій:

- 1) попереднього розділення потоку суспензії з метою одержання підпотоків із заданими матеріальними і гранулометричними складами, а також масовими навантаженнями;
- 2) пошук оптимальної послідовності розділення у просторовому об'єму апарата;
- 3) оптимізація системи за допомогою впровадження операцій розбивання і введення потоків на різні рівні.

Безпосереднє визначення оптимальної частки кожної операції розбивання є складним, оскільки є нелінійним завданням з багатьма змінними.

Це становище ускладнюється, з одного боку, можливими конструктивними особливостями пристроїв введення (змінний кут атаки для кожної площини введення тощо), що приводить до зміни гідродинамічної схеми апарата, з другого – наявністю обмежень, таких як співвідношення між вихідними потоками і якістю перебігу процесу розділення. Деякі, своєю чергою, впливають на фізико-хімічні і гідродинамічні особливості процесу флокуляції і способи введення суспензії (центральної чи периферійної). За кожного способу введення суспензії можуть відбуватись два граничні випадки: послідовний і паралельний. Послідовний розподіл суспензії характеризується поступовим її введенням на різні рівні. За паралельного введення усі потоки вводяться одночасно у різні площини.

Можливі випадки послідовно-паралельного введення за переходів процесу розділення з одного режиму у другий.

Флокуляція, стиснене осадження, виникнення градієнтів густини – усе це призводить до неоднорідних профілів швидкостей і циркуляція може виникати і в окремих частинах об'єму апарата. Причому градієнт густини виникає завдяки різниці концентрації твердого тіла від точки до точки, різниці температур і коливань складу рідкої фази.

Вплив розподілу неоднорідностей швидкості на продуктивність відстійників чи загушувачів є предметом багатьох досліджень. У деяких з них доходять висновку, що цей вплив можна врахувати за допомогою часу розподілу осаду.

У багатьох дослідженнях показано, що розподіл швидкостей у поздовжній вертикальній площині має незначний вплив на осадження, а розподіл швидкостей у горизонтальній площині визначають зменшення ефективності процесу. Причому через виникнення у суспензії

градієнта густини відбувається загальна циркуляція, у той час, як за рахунок нерівномірного переливу і кінетичної енергії вхідного потоку виникає вторинна циркуляція.

Розподіл швидкостей у вертикальній і горизонтальній площинах впливає на осадження. Причому величина осаджувальної складової швидкості залежить від глибини потоку і характеру епюри швидкостей, що формуються біля дна. У той час профіль швидкості у горизонтальній площині і структура потоку загалом формуються системою вводу і зливу.

Багато дослідників на основі експериментальних даних і теоретичного аналізу розподілу струмини показали, що у реальних умовах осадження відбувається одночасно як за ламінарного, так і за турбулентного режимів потоку. Однак до уваги не взяті процеси флокуляції і руйнування флокул під дією гідродинамічних сил потоку, а також той факт, що під час протікання структурованих суспензій стан структури залежить від швидкості зсуву.

Наявність складної структури потоку підтверджується тим, що у міру віддалення від центра зменшення перемішування мічених струмин і на відстані $2/3$ радіуса спостерігається струминно-паралельне протікання, у той час, як значення критерію Рейнольдса визначає турбулентний характер потоку.

Під час розшарування тверді частинки проходять шлях через зони осадження і згущення, перед тим, як досягти ущільнення, у той час, як суцільна фаза у середньому рухається вгору, а на її переміщення накладаються циркуляційні потоки.

Мета роботи – експериментально дослідити роботу радіального відстійника відходів вуглезбагачення на Червоноградській центральній збагачувальній фабриці за допомогою визначення поля концентрацій твердої фази у вертикальній площині як по глибині, так і по радіусу відстійника.

Експериментальна частина. Місця відбору проб суспензії у відстійнику вибирали за наведеною схемою.

Для відбору проб із загущувачів на дослідження був виготовлений спеціальний пробовідбірник, який складається з металевого циліндра з дном і кришкою, ємністю 0,5 л. Торець циліндра і кришка ретельно відшліфовані, щоб забезпечити щільне прилягання і усунути можливий проскок. Кришка до корпусу кріпиться за допомогою гумових пружинок у такому стані, щоб у нормальному положенні вона була постійно закритою. Металевий циліндр кріплять до прутка, виготовленого з некородуючого металу завдовжки 6 м. До кришки і по усій довжині прутка кріпиться тросик або міцна капронова нитка для того, щоб у момент відбору проб можна було відкрити кришку відбірного циліндра. Після відбору проби тросик відпускають, кришка щільно закриває циліндр і проба транспортується до місця її розробки.

Для складання картини концентрацій відстійник схематично розбивався на 16 точок по висоті, одна точка – у придонному шарі загущувача. Для довершення повної картини роботи загущувача відбирали ще три проби: живлення і злив загущувача, загущений продукт. Отже, з відстійника відбирали 20 проб.

Відібрані проби досліджувались на вміст твердої фази за такою методикою: одержану пробу розділяли методом фільтрування. Утворений осад висушували у сушильній шафі до сталої маси. Концентрацію твердої фази у суспензії визначали розрахунковим методом.

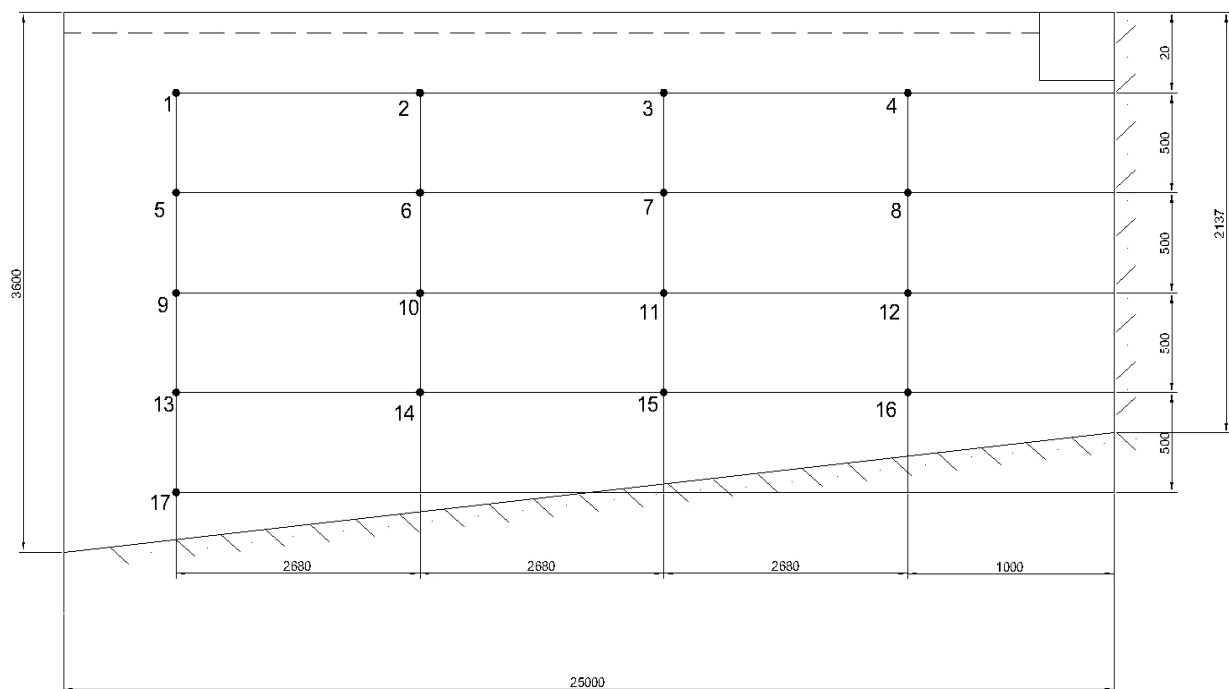


Схема відбору проб у відстійнику

Результати досліджень наведено у таблиці.

Концентрація твердої фази у місцях відбору проб

Місце відбору проби	Відстійник		
	1	2	3
1	2,9	2.6	2.4
2	2.4	0.8	1.6
3	3.5	1.8	3.2
4	10,0	2.1	5.4
5	2.7	0.7	3.6
6	2.5	0.8	4.0
7	3.9	1.8	4.2
8	13.4	2.7	6.5
9	2.3	1.2	4.3
10	4.8	1.3	4.5
11	4.4	1.9	4.8
12	15.8	2.3	9.6
13	2.8	3.4	5.3
14	3.6	4.3	6.8
15	4.8	3.5	5.6
16	14.9	3.7	11.7
17	21.5	7.7	18.4
Живлення	27.5	26.9	27.2
Злив	0.44	0.18	0.33
Загущений продукт	37.7	44.2	39.9

Аналіз отриманих результатів дає змогу стверджувати, що розміщення поля концентрацій по глибині і радіусу вказує на те, що за існуючої системи і подачі суспензії у загушувач виникають потоки, які істотно знижують ефективність його роботи.

Крім того, у центральній частині відстійника, де розміщені зона впуску і зона розвантаження загущеної суспензії, площа перерізу значно менша, ніж на периферії. Тут спостерігаються вихорові потоки рідини, які переводять частину ущільненої суспензії у зважений стан. Це призводить до погіршення якості загущення і освітлення. Насправді ж у цій зоні відбуваються вторинні флокуляції, оскільки суспензія складається із частинок різного мінералогічного складу. Тому ступінь агрегації частинок буде різним.

Варто зазначити, щодо глибини 1,5 м по усьому радіусу загушувача зміни поля концентрацій твердої фази фактично не спостерігалось. Оскільки відстійник працює з суспензією з додаванням флокулянтів, центральна частина відстійника, у яку подається живлення, працює як камера пластівцеутворення, з якої одержану суспензію необхідно пошарово подавати у центральну частину відстійника. Тому вдосконалення конструкції центральної частини відстійника має велике значення для підвищення ефективності його роботи.

Технічне вдосконалення центральної частини відстійника повинно полягати у тому, щоб відсікти зону турбулізації суспензії від загального об'єму, у якому суспензія рухається у ламінарному режимі. Конструктивно центральну частину відстійника необхідно виконати так, щоб використати її як перемішувальний пристрій, який використовується для перемішування суспензії після введення у неї робочого розчину флокулянтів. Оскільки у цій зоні відбувається також процес первинного флокулоутворення, тому вихід такої суспензії у загальний об'єм відстійника повинен відбуватися пошарово по усій висоті і у ламінарному режимі.

Для реалізації поставлених завдань необхідно застосувати елементи тонкошарового осадження, яке дасть змогу забезпечити рівномірну подачу суспензії з одночасним підвищенням продуктивності відстійника, забезпечення якості його роботи тощо.

Проведені експерименти з дослідження процесу осадження у тонкому шарі дають змогу зробити висновок, що найбільша швидкість розділення спостерігається за розміщення пластин під кутом 30–40° до горизонту. Під час осідання частинок витіснений ними деякий об'єм рідини концентрується під пластиною у вигляді тонкої плівки завтовшки 1,5–2,3 мм, утворюючи течію за рахунок різниці густин освітленої рідини і суспензії. Причиною утворення у верхній частині нахиленого елемента шару освітленої рідини, швидкість протікання якої набагато вища від середньостатистичної швидкості потоку, є не тільки концентрація під пластиною витісненої осідаючими частинками деякого об'єму рідини, але й різні гідравлічні опори шарів потоку.

Висновки. За руху агрегативно нестійких систем швидкість руху рідини завжди більша від швидкості руху твердої частинки. Це призводить до того, що у потоці тіла омиваються рідиною. Відповідно осідаючі частинки відіграють роль місцевого опору, величина якого прямо залежить від того, наскільки живий переріз потоку звужений твердими частинками, тобто від її концентрації. У такому разі систему можна розглядати як таку, у якій рідина багаторазово пересікає рухому решітку.

Зменшення висоти потоку зменшує питоме навантаження на площу осадження, що знижує кількість руху рідини, яка переноситься частинками. Крім того, зменшення висоти потоку підвищує стабільність його гідродинамічної структури.

Встановлено, що на зниження швидкості осадження істотно впливає розмір частинок твердої фази. У досліджуваній суспензії частинки твердої фази розміром менше 0,074 мм становлять

60–70 %. Виникнення вертикальних потоків рідини приводить до захоплення дрібних частинок, які виносяться разом зі зливом, що негативно впливає на ефективність роботи відстійника та на використання наявних флокулянтів. Агломерати, утворені у суспензії з використанням як флокулянта поліакриламідну, мають доволі низьку міцність. У турбулентному потоці флокульованої суспензії такі агломерати легко руйнуються. Агломерати, утворені під дією модифікованих поліакриламідних флокулянтів, мають дещо менші розміри порівняно із використанням поліакриламідну, але більшу міцність.

Враховуючи вищесказане, для інтенсифікації роботи радіальних відстійників важливим фактором є також пошук та дослідження нових видів флокулянтів для агломерації дрібнодисперсної фази суспензії.

1. Kross H. E. Новый метод подхода к конструированию сгустителя и механизмов сгушения // J. S. Afric I nat. Miningand Metallurgy. – 2000. – V.63, – N 7, – P. 271–298. 2. Кульский Л. А., Строкач П. П. Технология очистки природных вод. – К.: Вища шк., 1981. – 328 с. 3. Singh R. P. Charakteristiks of so polimer, polimer-fibre combinations and grafied polymers as drag reducing agents and their industrial application / R. P. Singh, P. Chang, G. V. Reddy, ets. // Drag Reduct.3rd Int Conf. Bristol, 1984. – P. D4/1-D4/5.4. Небера В. П. Флокуляция минеральных суспензий. – М.: Недра, 1983. – 288 с.