

В.С. ЗЛОБИНА, кандидат технічних наук  
НТУУ «Київський політехнічний інститут»  
В.Ф. МАЛЬКО, кандидат технічних наук  
Т.В. АРГАТЕНКО, кандидат технічних наук  
О.Ю. ПАЛАМАРЧУК студентка  
Київський національний університет будівництва та архітектури

## ГІДРОМЕХАНІЧНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ДЕПАСИВАЦІЇ ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯТОРІВ З ТОРЦЕВИМИ ЕЛЕКТРОДАМИ

*Представлено авторські розробки технологічних схем і конструкційних елементів до експериментальних комплексів по дослідженню електрокоагуляції.*

**Ключові слова:** електродний блок; торцеві електроди; гідромеханічна депасивація.

*Представлены авторские разработки технологических схем и конструктивных элементов к экспериментальным комплексам для исследования электрокоагуляции.*

**Ключевые слова:** электродный блок; торцевые электроды; гидромеханическая депассивация.

*Information about author's elaboration of technological schemes with design by single elements to experimental complexes for research of electrocoagulation is presented.*

**Key words:** electroding block; vertical electrodes; hydromechanical depassivation.

Одним із суттєвих недоліків роботи електрокоагуляторів з вертикальними (торцевими) електродами [1] є нерідко виникаюча нестабільність в часі величини електричного струму в ланцюжку живлення анод – катодного блоку [2]. Це явище, серед інших причин, може бути пов'язане із накопиченням газової фази (переважно водню і кисню), яка виділяється з торцевих поверхонь анода і катода в процесі електролізу оброблюваної водної системи. За даними, наведеними в літературних джерелах [3, 4], достатньо ефективними способами протидії падінню величини електричного струму в таких випадках може бути підвищення швидкості руху води в міжелектродному проміжку до рівня, який перевищує 0,3...0,4 м/с. Авторами в різні часи були запропоновані і експериментально перевірені в лабораторних та напіввиробничих умовах різноманітні

конструктивні модифікації турбулізаційних пристроїв для перемішування рідини всередині електрокоагуляторів [2, 5].

Зокрема, у 2011–2012 рр. в лабораторії хімії води кафедри водопостачання КНУБА за програмою дослідницьких робіт студентського наукового гуртка було сконструйовано і експериментально перевірено установку по електрокоагуляційному знебарвленню модельного водного розчину на базі торцевих електродів. В розробленій схемі дослідницького комплексу було використано три варіанти перемішування знебарвлюваного розчину:

– (варіант 1) здійснення зовнішнього насосного перекачування розчину від одного кінця електролітичної ванни до іншого (рис.1);

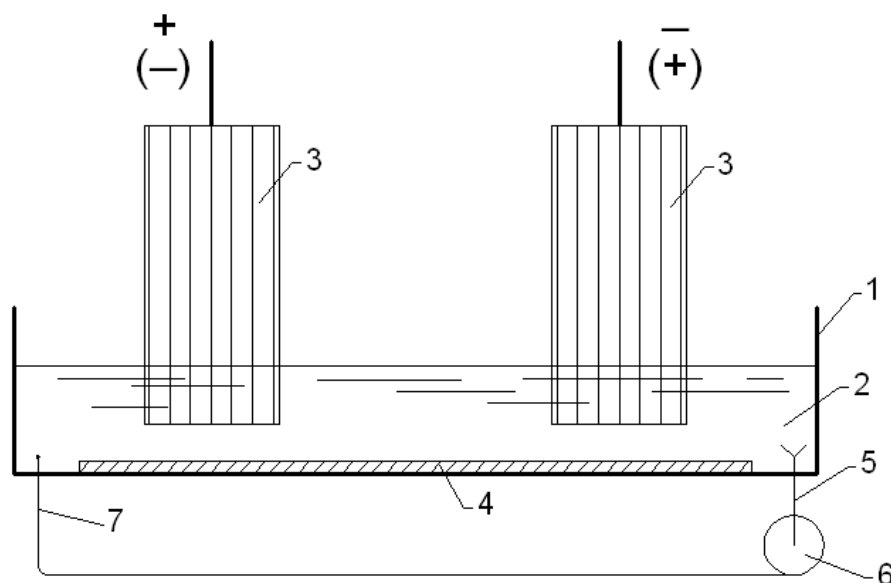


Рис.1. Турбулізація насосним перекачуванням розчину:

1 – корпус установки; 2 – оброблюваний розчин; 3 – анод (катод);

4 – пластина ОРТА; 5 – всмоктувальний патрубок; 6 – лабораторний насос; 7 – напірний патрубок.

– (варіант 2) встановлення турбінної мішалки з вертикальною віссю обертання (рис.2);

– (варіант 3) комбінована схема при одночасному використанні і 1, і 2 варіантів турбулізації.

Технологічний ефект від такого роду турбулізаційних прийомів був практично однаковим, але помічено, що всі три варіанти перемішування неминуче супроводжувались таким негативним з точки зору утворення часточок коагулянту явищем, як подрібнювання останніх і, як наслідок, суттєвим уповільненням утворення стійких центрів коагуляції. Ось чому для подальшого удосконалення технології електрокоагуляції було виконано пошук інших засобів перемішування але без надмірної за інтенсивністю турбулізації розчину.

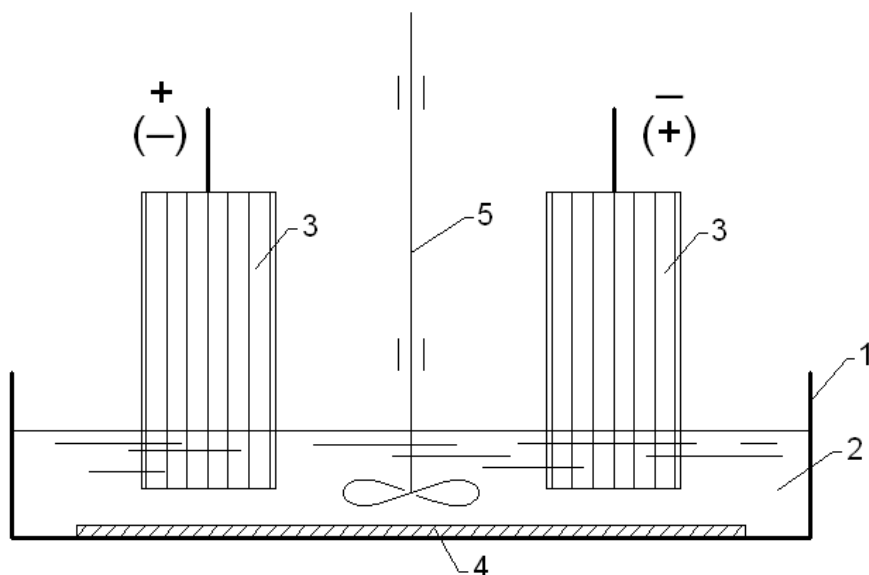


Рис.2. Турбулізація мішалкою з обертанням навколо вертикальної осі:  
 (поз.1-4 – див. пояснення до рис.1)  
 5 – турбінна мішалка з вертикальною віссю обертання.

Розглядались технічні прийоми, при використанні яких розчин мав би або транспортуватись з певною швидкістю від одного кінця електролітичної ванни до другого без насосного перекачування, або з певною частотою пульсаційно-періодично переміщуватись від центру ванни до її периферії і у зворотному напрямку. Відповідні схеми комплексів і конструкції окремих пристроїв наведено на рисунках 3–9.

Далі наведено класифікаційний розподіл на дві умовні групи (А, Б) запропонованих нових пристроїв та пояснення до принципу дії і особливостей конструювання елементів кожного із них. Одним із основних принципових підходів щодо конструкції кожного пристрою було намагання максимального спрощення технології їх виготовлення і можливість використання найбільш доступних і найменш дорогих матеріалів, деталей, вузлів тощо для практичного створення цих пристроїв в умовах обмежених матеріальних можливостей навчального закладу.

**А** – група пристроїв, дія яких заснована на періодичному, або постійному пересуванні частини оброблюваної рідини спеціальними механічними пристроями з певною частотою або з певною витратою у горизонтальному напрямку всередині ванни та у прошарку між нижньою торцевою поверхнею електродів і допоміжною горизонтальною пластиною із електрохімічно стійкого матеріалу.

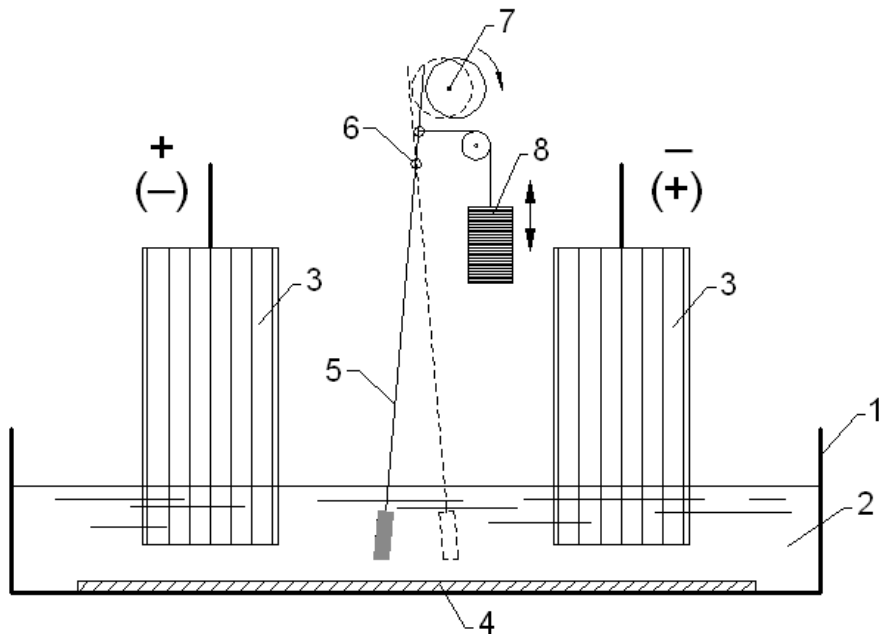


Рис.3. Турбулізація лопаттю, що коливається:  
 (поз.1-4 – див. пояснення до рис.1)  
 5 – мішалка; 6 – шарнірна вісь коливання лопатевої мішалки;  
 7 – вісь обертання ексцентрика; 8 – противага

Рисунок 3. У оброблюваний розчин всередині ванни (1) вертикально занурена лопать (мішалка 5), закріплена на стержні. Стержень прикріплений до шарніра (6) з горизонтальною віссю обертання так, що верхній кінець стержня може бути приведений у рух від ексцентрика (7) та противаги (8). Ексцентрик відхиляє стержень з певною частотою, а противага повертає його у попереднє положення. Лопать періодично пересуває рідину у просторі між вертикально розташованими електродами (3) в один та другий бік і перемішує рідину в проміжку між нижньою торцевою поверхнею вертикального анода (катода) та допоміжною (транзитною) горизонтальною пластиною (4).

Рисунок 4. У рідину між електродами (3) періодично занурюється (зверху до низу) і витягується (знизу до гори) поршень (5) у вигляді паралелепіпеда (або іншого геометричного утворення) наперед визначених розмірів. Відповідно до руху поршня рідина або відштовхується від середини ванни (1) на периферію, або повертається з периферії до середини ванни, забезпечуючи перемішування рідини у прошарку під торцевою поверхнею вертикальних електродів і над поверхнею горизонтальної пластини (4).

**Б** – група пристроїв, які певним чином повторюють технологічну схему на рис.1, але роль насоса в яких виконують інші технічні елементи.

Дія таких елементів (на відміну від робочого колеса насоса з частотою обертання більше 150...200 об/хв.) не призводить до інтенсивної турбулізації розчину і, відповідно, до подрібнення скоагульованих часточок в ньому.

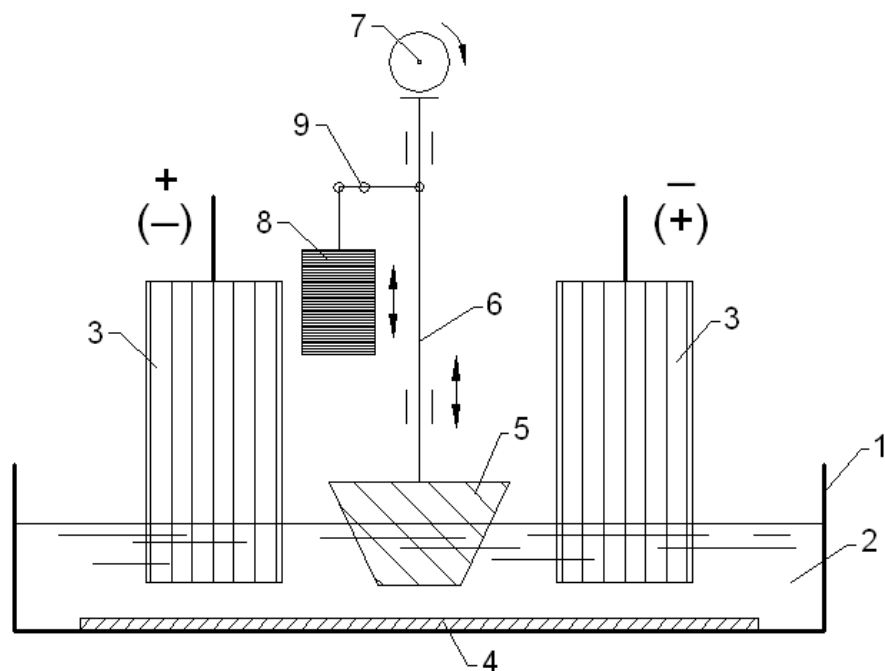


Рис.4. Турбулізація поршнем з вертикальним рухом:  
 (поз.1-4; 7; 8 – див. пояснення до рис.3)  
 5 – поршень; 6 – шток; 9 – шарнір

Рисунки 5, 6. Роль насоса в цій схемі (рис.5) виконує оригінальна авторська конструкція "Відцентровий Підйомник з Вертикальною Віссю Обертання" – **ВПВВО** (рис.5, поз.7).

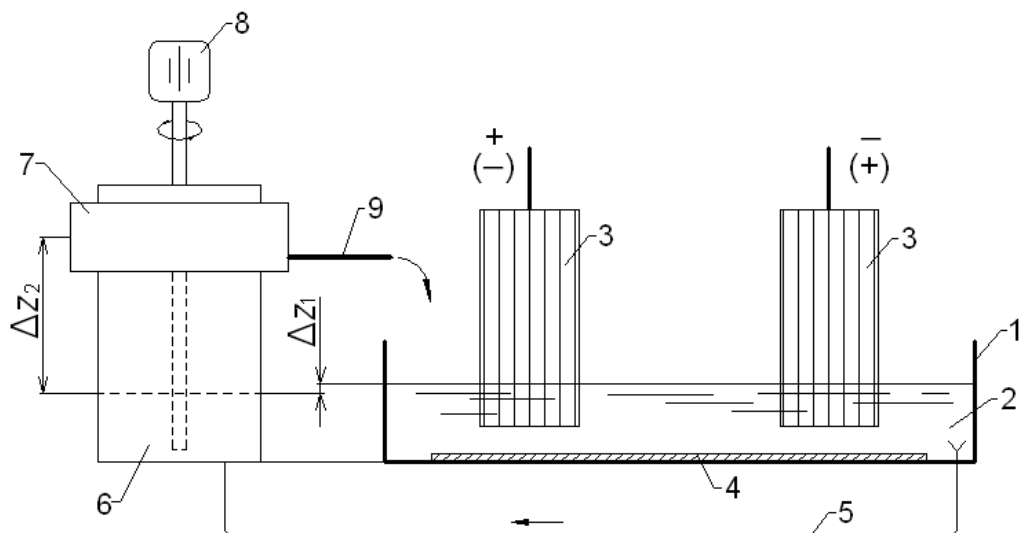


Рис.5. Схема установки з переміщенням розчину підйомником ВПВВО:  
 (поз.1-4 – див. пояснення до рис.1)  
 5 – транспортуючий трубопровід; 6 – накопичувальна ємність;  
 7 – підйомник типу ВПВВО; 8 – електропривод; 9 – випускний патрубок;  $\Delta z_1$  та  $\Delta z_2$  – див. пояснення за текстом

Принцип роботи підйомника **ВПВВО** полягає в наступному.

Перед початком роботи у резервуар – накопичувач (рис.6, поз.3) заливається розчин (вода). Вмикається двигун електропривода (рис.5, поз.8) і внаслідок обертання ротора (рис.6, поз.4) з лопатями (рис.6, поз.5) вода із накопичувача переливається у відповідний лоток (рис.6, поз.7), що забезпечує підйом розчину із базового резервуара (рис.6, поз.1) по водопідйомному патрубку (рис.6, поз.2). Далі розчин витікає із відповідного лотка по випускному патрубку (рис.5, поз.9) до електрокоагулятора (рис.5, поз.1). Перепад рівнів води  $\Delta z_1$  (рис.5) відповідає втратам напору в транспортуючому трубопроводі (рис.5, поз.5). Підйом розчину на висоту  $\Delta z_2$  забезпечується частотою обертання ротора (рис.6, поз.4).

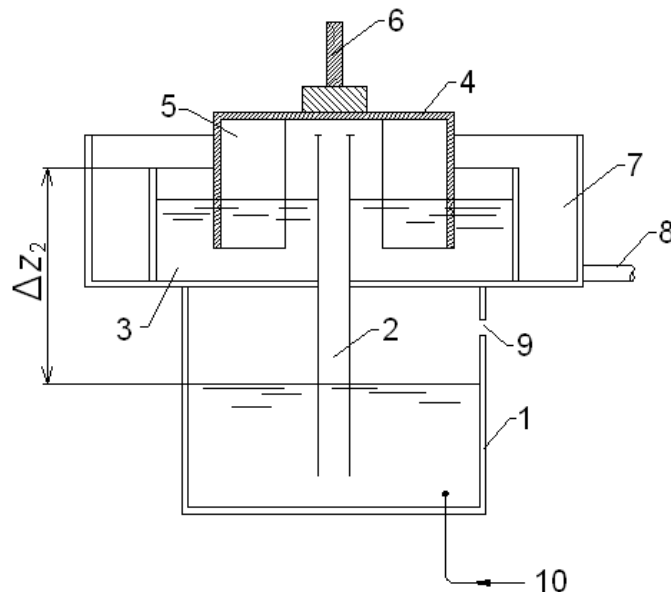


Рис.6. Принципова конструкція підіймача ВПВВО:

- 1 – базовий резервуар; 2 – водопідйомний патрубок; 3 – резервуар-накопичувач; 4 – ротор; 5 – лопаті ротора; 6 – вісь електропривода;  
7 – відповідний лоток; 8 – випускний патрубок; 9 – отвір для сполучення з атмосферою; 10 – транспортуючий трубопровід

Рисунки 7, 8. У цій схемі (рис.7) роль насоса виконує також авторська розробка "Спіральний Підіймач з Горизонтальною Віссю Обертання" – СПГВВО (рис.7, поз.7).

Основою конструкції СПГВВО є декілька (в даному прикладі – 4) гнучких спіралеподібних патрубків (рис.8, поз.1), закріплених на дисковій основі (рис.8, поз.4). Диск з патрубками, частково (за спеціальним розрахунком) занурений у накопичувальну ємність (рис.7, поз.6), обертається у напрямку, показаному стрілкою, навколо горизонтальної осі, яка співпадає з положенням вала (рис.8, поз.5) редукторного блока. Розчин, що потрапляє по черзі до кожного патрубка при зануренні останнього у базовий резервуар (рис.8, поз.1) при переході відповідного патрубка через горизонтальний осьовий рівень, виливається через розподільчу хрестовину (рис.8, поз.3) у накопичувально – відповідний патрубок (рис.8, поз.2) і далі – в

електрокоагулятор. Перепад  $\Delta z_1$  відповідає умовам, описаним у поясненні до рис.5. Підйом розчину на висоту  $\Delta z_2$  забезпечується геометричними розмірами підйомника **СПГВВО**.

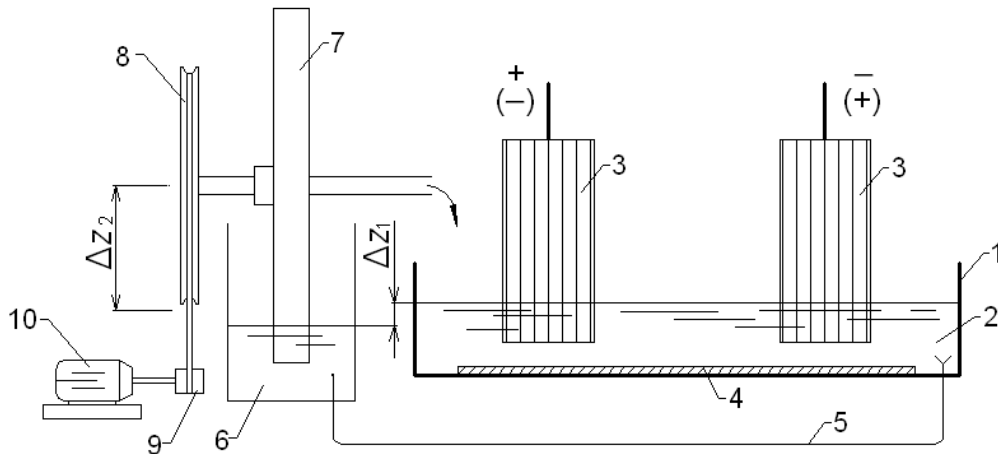


Рис.7. Схема установки з переміщенням розчину підйомником типу СПГВВО:  
 (поз.1-6 – див. пояснення до рис.5)  
 7 – підйомник СПГВВО; 8, 9 – шківни редукторного блоку;  
 10 – електропривод

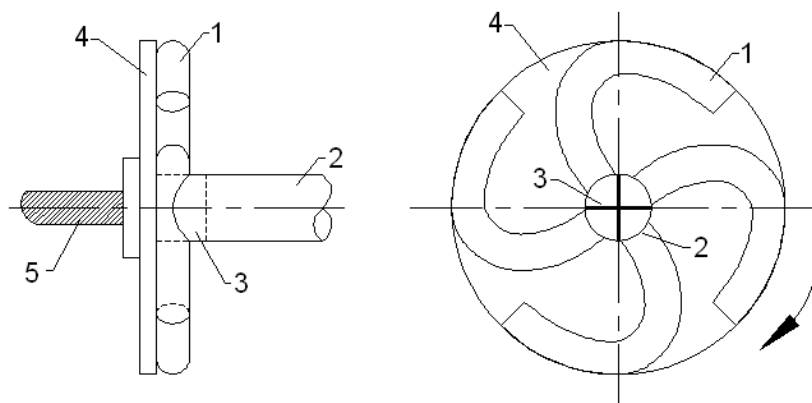


Рис.8. Принципова конструкція підйомника типу СПГВВО (поз.7 рис.7)  
 1 – спіралеподібні гнучкі патрубкі; 2 – накопичувально-відвідний патрубок; 3 – розподільча хрестовина; 4 – дискова основа; 5 – вал редукторного блоку

Рисунок 9. В цій схемі роль підйомника розчину від позначки  $z_1$  до позначки  $z_2$ , який функціонує в періодичному режимі, виконує "Конусний Підйомник з Вертикальним Зануренням" – **КПВЗ**.

До складу підйомника входять:

– конусоподібна накопичувальна ємність (6), заповнювана оброблюваним розчином до рівня  $z_1$ ;

– поршень (7), форма якого точно повторює форму ємності (6) і який виконує змінні в часі рухи "вгору – униз" від спеціально призначеного для цієї мети привода;

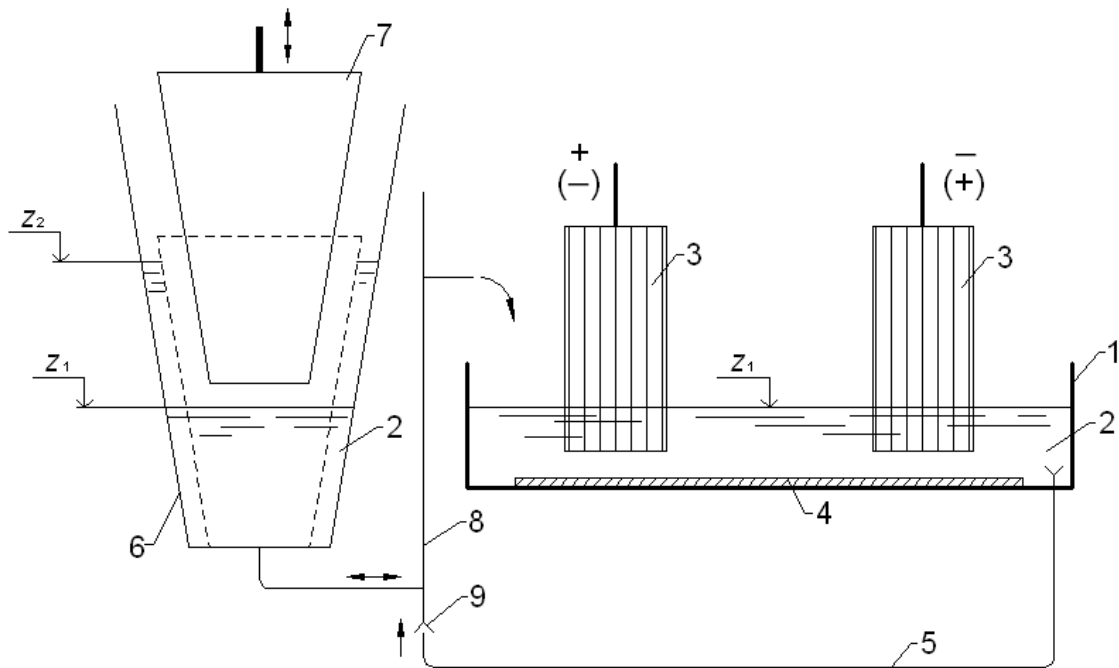


Рис.9. Схема установки з переміщенням розчину підйомником типу КПВЗ:  
 (поз.1-6 – див. пояснення до рис.5)  
 7 – занурюваний поршень; 8 – випускний трубопровід; 9 – зворотній клапан; положення  $z_1$  і  $z_2$  – див. пояснення за текстом

– зворотній клапан (9), який забезпечує лише одностороннє пересування розчину по транспортуючому трубопроводу (5) із електрокоагулятора (1) до ємності (6);

– випускний трубопровід (8), по якому розчин із ємності (6) повертається до електрокоагулятора.

Позначка рівня  $z_2$  в ємності (6) залежить від геометричних розмірів останньої і поршня (7) і встановлюється в момент, коли поршень (7) займає найнижче можливе положення.

Зрозуміло, що перелік різновидів конструкцій пристроїв, які могли б також забезпечити гідромеханічний депасиваційний ефект в електродному блоці схеми без використання відцентрового насосу (рис.1, поз.6) або турбінної мішалки (рис.2, поз.5), можна продовжити. Але, як було зазначено на початку даної статті, автори виходили із намагання максимального спрощення технології конструювання схем для експериментального дослідження електрокоагуляції з використанням легко доступних і недорогих матеріалів, відповідно до реалій обмежених можливостей навчального закладу.



### Список літератури

1. *Електрокоагулятор*. Пат. 37135А, Україна, 7 С 02 F 1/46, Артатенко Т.В., Малько В.Ф., 16.04.2001, Бюл. №3.
2. *В.С.Злобіна, Т.В.Артащенко, Т.В.Скорук* Конструювання гідромеханічного турбулізатора для електрокоагуляційного реактора. // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки.– К.: КНУБА, 2005. – Вип. 5.– С. 68-77.
3. *Запольський А.К., Мішкова-Кліменко Н.А. та ін.* Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. – К.: Лібра, 2000. – 525 с.
4. *Яковлев С.В., Краснобородько И.Г., Рогов В.М.* Технология электрохимической очистки воды. – Л.: Стройиздат, 1987. – 312 с.
5. *Н.В.Білицька, О.Г.Гетьман, О.Ю. Паламарчук, В.Ф.Малько.* Електрокоагуляційна установка з торцевим електродним блоком. // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – К.: КНУБА. – 2012. – Вип. 19. – С. 38-43.