

Вплив електрогідравлічного ефекту на інтенсифікацію процесу активації водно-вапняної суспензії в бурякоцукровому виробництві

Василів В. П., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій

Дашковський Ю. О., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій

Олішевський В. В., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри технологічного обладнання харчових виробництв, Національний університет харчових технологій

Маринін А. І., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій

Ардинський О. В., аспірант, проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій

Федоренко Л. А., молодший науковий співробітник, проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень впливу електрогідравлічного ефекту на властивості водно-вапняної суспензії. Встановлено, що електрогідравлічне оброблення сприяє підвищенню активності водно-вапняної суспензії.

В статтє приведені результати исследований влияния электрогидравлического эффекта на свойства водно-известняковой суспензии. Установлено, что электрогидравлическая обработка способствует повышению активности водно-известковой суспензии.

The results of research devoted to the influence of electrohydraulic effect on properties of aqueous lime suspension are presented in the article. It is proven that the electrohydraulic processing stimulates water-lime suspension activity increase.

Минуло вже більше двох століть від моменту розроблення Т.Є. Ловіцом вапняно-вуглецевого способу очищення дифузійного соку від нецукрів, та впровадження цього способу Я.С. Єсіповим у цукрове виробництво [1]. З того часу було багато спроб замінити вапно якимось іншим реагентом: використовували крейду, молоту цеглу, кизильгур, сірчану кислоту, ячний білок і ін., але тільки вапно виявилось найбільш універсальним і дешевим реагентом, рівноцінної заміни якому на сьогодні в цукровому виробництві немає. Але, не дивлячись на двохвіковий досвід застосування вапна, досліджень фізико-хімічних властивостей цього реагенту майже не проводилось. Дослідження, пов'язані з застосуванням вапна в цукровій промисловості, велись в основному у

напрямку пошуку оптимальних умов отримання високоочищеного соку. А дослідження, присвячені розробленню способів підвищення якості вапна та водно-вапняної суспензії з метою покращення активності водно-вапняної суспензії наслідком чого є покращення ефекту очищення соків і економія енергоресурсів та вапнякового каменю, були розрізнені і не систематизовані.

Недоліком типової технологічної схеми приготування водно-вапняної суспензії є те, що в ній не передбачено операції подрібнення хімічно вільного, але неактивного та зв'язаного вапна, яке є потенційно активним. Тому для підвищення утилізації потенційно активного вапна, що не встигло прореагувати з водою під час гасіння, актуальним є включення в ти-

пову технологічну схему операції, що буде сприяти підвищенню його якості за рахунок активації рекресталізованого та зв'язаного вапна.

Відомі різні методи активації. Їх можна розділити на такі групи[2]:

– **механічні** – механічне диспергування частинок маси, що гаситься, чи готової водно-вапняної суспензії;

– **хімічні (реагентні)** – додавання при гасінні вапна або в погашене вапно визначених хімічних речовин – диспергаторів, стабілізаторів суспензії, речовин які прискорюють гасіння, збільшують розчинність гідроксиду кальцію;

– **фізичні** – ультразвукове, електрохімічне, магнітне оброблення, опромінення та ін.

Недоліками таких способів активації є значне абразивне

зношення деталей робочих органів пристроїв, складність регулювання процесу активації, та неможливість утилізувати вапно, яке знаходиться в домішках.

У зв'язку з цим та з метою економного використання вичерпних родовищ вапняку України, підвищення ступеню утилізації потенційно активного вапна, яке виводиться із домішками, підвищення ефекту очищення соків бурякоцукрового виробництва та зниження собівартості цукру науковці Національного університету харчових технологій шукають нові способи підвищення активності водно-вапняної суспензії. Так, в університеті ви-

пристрої, за допомогою яких реалізується електрогідралічний ефект, називають електрогідралічними установками (рис. 1) [4].

Електрогідралічна установка складається із генератора імпульсних струмів ГІС, в який входять накопичувач енергії НЕ та зарядний пристрій ЗП; і технологічного блоку, який являє собою герметично закриту ємкість, заповнену оброблюваним матеріалом, з системою електродів СЕ, між якими відбувається імпульсний електричний розряд. Накопичувач енергії, як правило, являє собою батарею імпульсних конденсаторів висо-

ряд. Активна стадія завершується з припиненням проходження струму та переходить у пасивну. На пасивній стадії канал розряду переходить в парогазову порожнину. Перед своїм зникненням порожнина здійснює кілька пульсацій, які є джерелом додаткових пружних ударних хвиль.

Найбільше практичне застосування електрогідралічного ефекту має місце у хімічній, гірничо-видобувній та збагачувальній промисловостях як метод механічної, фізичної та хімічної дії на матеріали [5]. Проте в харчовій та переробній галузях можливість застосування цього способу обмежена.

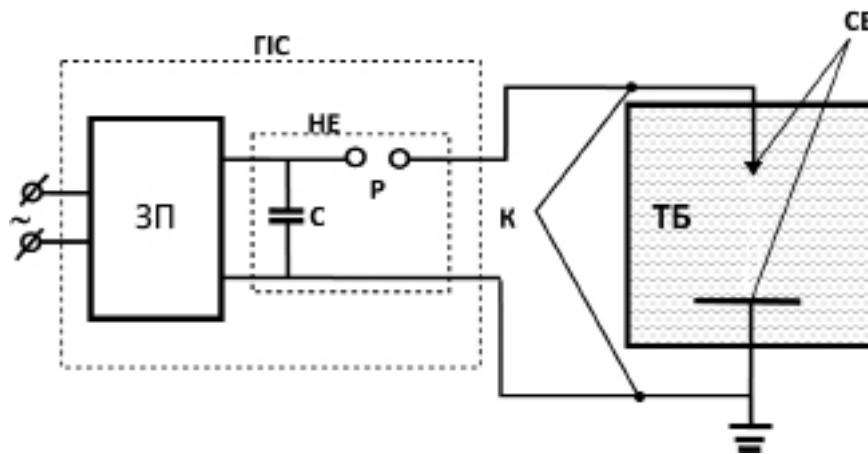


Рис. 1. Принципова електрична схема електрогідралічної установки

вчили можливість використання електрогідралічного ефекту для підвищення активності водно-вапняної суспензії.

Уперше електрогідралічний ефект було запропоновано Л. А. Юткіним [3]. Цей ефект являє собою складне фізико-хімічне явище, яке супроводжується цілим рядом ефектів: високі імпульсні тиски, які досягають тисячі атмосфер; пульсація газової бульбашки; ударні хвилі; лінійні переміщення рідини із швидкостями, які досягають сотень метрів за секунду; імпульсна кавітація в значному об'ємі рідини; полідисперсне ультразвукове випромінювання; дія плазми каналу іскри, яка супроводжується інфрачервоним, ультрафіолетовим випромінюванням; імпульсні електромагнітні поля, які супроводжують розряд.

кої напруги ємністю С. Конденсаторна батарея з'єднана з електродною системою СЕ в технологічному блоці через розрядник Р, наявність якого дозволяє зарядити ємність С до необхідної напруги від зарядного пристрою ЗП. З'єднання генератора імпульсних струмів ГІС із технологічним блоком ТБ здійснюється спеціальними коаксіальними кабелями високої напруги К. У момент підключення джерела живлення (генератор імпульсних струмів) між електродами виникає імпульсний електричний розряд [3]. На початковій стадії електричного розряду в розрядній камері між електродами утворюються «лідери», які при замиканні міжелектродного проміжку утворюють плазмовий канал, в результаті чого відбувається електричний роз-

Вплив електрогідралічного ефекту на зміну дисперсності водно-вапняної суспензії вивчали на електрогідралічній установці (рис. 1). Водно-вапняна суспензія є суспензією гідроксиду кальцію у його насиченому водному розчині. Згідно з положенням української фізико-хімічної школи академіка П.А. Ребіндера, двофазна високодисперсна система з гідрофільною твердою фазою, якою є водно-вапняна суспензія, утворює просторово-вічкову структуру, у проміжках твердої фази якої знаходиться дисперсійне середовище – вода, а у випадку водно-вапняної суспензії – насичений водний розчин гідроксиду кальцію [6]. Збільшення кількості розчиненого гідроксиду кальцію у вапняній воді після електрогідралічного оброб-

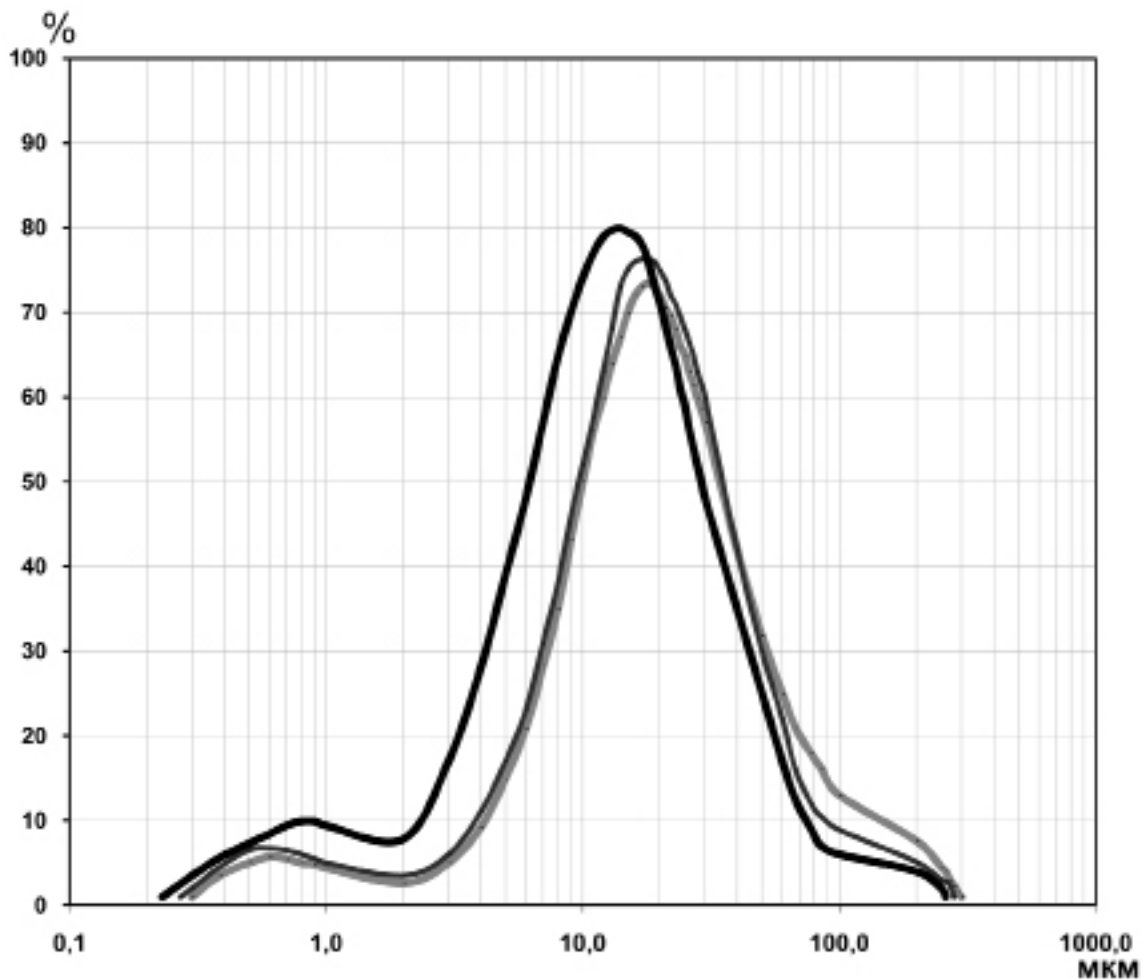
лення водно-вапняної суспензії порівняно із необробленою суспензією забезпечить підвищення концентрації катіону Ca^{2+} у вапняному молоці, що приведе до більш повного осадження кальцій-білкового та кальцій-пектинового комплексів нецукрів дифузійного соку та органічних кислот [7, 8, 9].

Водно-вапняна суспензія готувалася із вапна, одержано-

30 кВ та 10-ма розрядами при напрузі 45 кВ.

Щоб переконатись, що в процесі електрогідралічного оброблення водно-вапняної суспензії має місце підвищення дисперсності твердої фази, зразки суспензії були обстежені на дисперсність та питому поверхню твердої фази за допомогою приладу німецької фірми «Mastersizer μ » [10].

цього розміру у всьому об'ємі суспензії складає 67. Після електрогідралічного оброблення при напрузі 30 кВ та 15-ти розрядах (2) відсоток цієї фракції збільшується до 77. А при обробленні водно-вапняної суспензії 10-ма розрядами при напрузі 45 кВ у всьому об'ємі суспензії переважають частинки розміром 14,2 мкм, складаючи вже 80% всієї твердої фази (3). Це



1 – необроблена водно-вапняна суспензія; 2 – оброблена електрогідралічними розрядами при напрузі 30 кВ та кількості розрядів 15; 3 – оброблена електрогідралічними розрядами при напрузі 45 кВ та кількості розрядів 10.

Рис. 2. Вплив напруги розряду та кількості розрядів при електрогідралічному обробленні на дисперсність твердої фази водно-вапняної суспензії

го випалом у лабораторній муфельній печі при температурі 920°C протягом 8 годин. Вапно загашувалось водою з температурою 80°C у співвідношенні $\text{CaO}:\text{H}_2\text{O}=1:3,8$, що дає водно-вапняну суспензію з густиною $1,18 \text{ г/см}^3$. Водно-вапняна суспензія оброблялась електрогідралічними розрядами в кількості 15 розрядів при напрузі

Одержані графіки розподілу за розмірами частинок твердої фази водно-вапняної суспензії необробленої і обробленої електрогідралічними розрядами представлені на **рисунку 2**.

Як свідчать одержані дані, в необробленій полідисперсній водно-вапняній суспензії (1) переважають частинки розміром 20 мкм., відсоток фракції

значно впливає на питому поверхню твердої фази, яка у необробленій водно-вапняній суспензії становила $0,311 \text{ м}^2/\text{г}$, після оброблення 15-ма розрядами при 30 кВ – $0,350 \text{ м}^2/\text{г}$, а після оброблення 10-ма розрядами при 45 кВ – $0,690 \text{ м}^2/\text{г}$, тобто збільшилась порівняно з необробленою суспензією в 2,2 рази. Результати досліджень свідчать

ТЕХНОЛОГІЇ

про підвищення ступеню дисперсності водно-вапняної суспензії після електрогідравлічного оброблення, а це дасть змогу отримати водно-вапняну суспензію з покращеною активністю та в подальшому активізувати процес очищення соків бурякоцукрового виробництва.

Як вже згадувалося, однією зі складових частин водно-вапняної суспензії є зв'язане вапно. У зв'язане вапно входить карбонат кальцію (CaCO_3), сульфат кальцію (CaSO_4) та комплексні сполуки вапна із домішками вапняку та твердого палива. Ці сполуки зветься клінкерними мінералами та являють собою продукти високотемпературної реакції CaO із SiO_2 , Al_2O_3 та Fe_2O_3 . Вони завжди присутні у вапні, але при порушенні температурного режиму випалу їх кількість значно збільшується, а кількість активного вапна, яке зв'язується у комплексні сполуки – клінкерні мінерали, може досягти 20–25% від маси всього пічного вапна [11]. Клінкерні мінерали дуже повільно реагують із водою під час гасіння і видаляються з домішками при очищенні водно-вапняної суспензії, тому те вапно, яке входить у

склад клінкерних мінералів, являє собою невідновні втрати для цукрового виробництва. Присутність клінкерних мінералів у вапняному молоці з технологічної точки зору небажана. Тому великий інтерес представляє можливість виділення вапна із них під час приготування водно-вапняної суспензії.

Одержати зв'язане вапно, яке б не вміщувало вільного вапна, в лабораторних умовах неможливо. Температура утворення клінкерних мінералів: силікатів, алюмінатів та феритів оксиду кальцію складає 1250 – 1500°C, і отримувати їх можна тільки в промислових умовах. Аналогом суміші клінкерних мінералів, що не вміщують вільного вапна, є цемент.

Нами було експериментально визначено, що оброблення водної суспензії цементу електрогідравлічними розрядами прискорює його реакцію з водою, за рахунок чого зростає вміст розчиненого вапна у воді, рН та питомої електропровідності цементної води. Водно-цементну суспензію обробляли електрогідравлічними розрядами у режимі: напруга – 45 кВ, кількість розрядів – 10. Після оброблення

електрогідравлічними розрядами відбирали проби суспензії на аналіз зразу ж після оброблення та через кожні двадцять хвилин протягом двох годин, що є середнім терміном перебування водно-вапняної суспензії у вапняному відділенні. У відібраних пробах суспензії визначали рН, розчинність вапна у воді, питомої електропровідності (табл. 1) та активність (рис. 3).

Підвищення активності суспензії супроводжується підвищенням рН розчину від 12,15 до 12,45 (табл. 1).

Підвищення активності сприяє також зростання розчинності вапна у воді на протязі двох годин від 0,036% CaO до маси розчину до 0,103% CaO до маси розчину, та, як наслідок цього – підвищення питомої електропровідності від 0,415 См/м до 0,835 См/м (табл. 1).

Як видно з графіка (рис. 3), активність водно-цементної суспензії зразу після електрогідравлічного оброблення різко підвищується від 21,2% до 29,6%, і потім ще на протязі двох годин продовжує зростати до значення 34,9%.

Це є наслідком подрібнення частинок суспензії цементу та

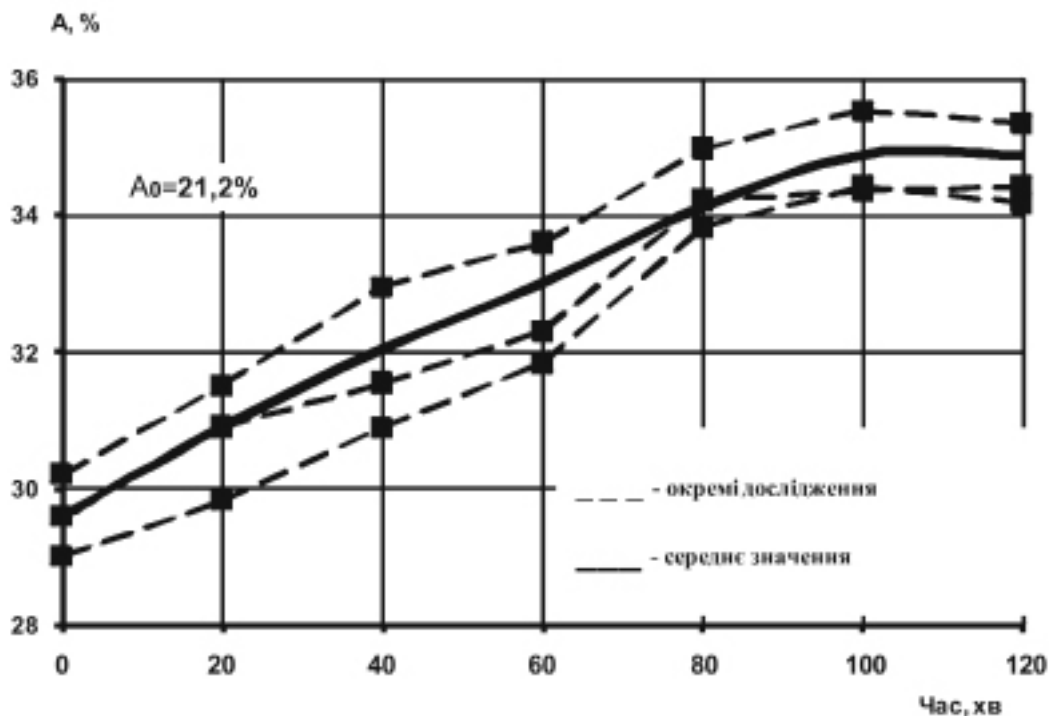


Рис. 3. Вплив тривалості витримки обробленої електрогідравлічними розрядами водно-цементної суспензії на її активність (A)

Вплив параметрів електрогідравлічного оброблення водної суспензії зв'язаного вапна на зміну її фізико-хімічних властивостей

Інтервал відбору проби, хв.	pH	Питома електропровідність, См/м	Розчинність вапна у воді, % СаО до маси розчину
До оброблення	12,15	0,415	0,036
Одразу після оброблення	12,33	0,548	0,062
20	12,40	0,611	0,066
40	12,43	0,648	0,072
60	12,44	0,771	0,085
80	12,45	0,793	0,091
100	12,45	0,815	0,097
120	12,45	0,835	0,103

руйнування молекул комплексних сполук клінкерних мінералів з виділенням вапна у вільному стані при електрогідравлічному обробленні. Зовні оброблена електрогідравлічними розрядами водно-цементна суспензія мала збільшену кількість драглеподібних утворень, а тверда фаза її нагадувала глинистий мул. Така дія електрогідравлічних розрядів дає можливість вивільнити певну частину вапна, яке знаходилось у зв'язаному стані, утилізувати тим самим перепал, який по типовій технологічній схемі приготування водно-вапняної суспензії відкидають у відвал.

ВИСНОВКИ

Встановлено факт підвищення дисперсності твердої фази водно-вапняної суспензії після її електрогідравлічного оброблення, що підвищує питому поверхню твердої фази Са(ОН)₂ в 2,2 рази порівняно із необробленою суспензією, а також руйнуючу дію електрогідравлічних розрядів на зв'язане вапно, яке присутнє у водно-вапняній суспен-

зії, що дає змогу утилізувати непогашене вапно.

Отримані результати досліджень свідчать про перспективність застосування електрогідравлічного оброблення в бурякоцукровому виробництві як способу активації водно-вапняної суспензії за рахунок подрібнюючої дії на оброблюваний об'єкт.

Список використаних джерел

1. Сапронов А. Р. Технология сахарного производства / Л. А. Юткин. – М. : Агропромиздат, 1986. – 431 с.
2. Известь: производство и применение в сахарной промышленности / В.А. Лосева, И.С. Наумченко, А.А. Ефремов. // Воронеж : Воронежская гос. технологическая академия, 2003. – 224 с.
3. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект – М. : Машгиз, 1955.-50с.
4. Электротехнический справочник: В 3 т. / Орлов И.Н. и др. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – Т. 3. – Кн. 2. – 616с.
5. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его

применение в промышленности - Л. : Машиностроение., Ленингр. отд-ние, 1966. – 341 с.

6. Ребиндер П. А. О термодинамически равновесных двухфазных дисперсных системах // Коллоидный журнал, 1970 – т. 32. – 480 с.

7. Влияние ионов кальция на денатурацию белкового осадка / Л.П. Рева, Г.А. Симихина, В.М. Логвин // Сахарная промышленность, 1979. – №11. – С. 20-22.

8. Бобровик Л.Д. Физико-химические основы очистки в сахарном производстве. – К. : Вища школа, 1994. – 251с.

9. Даишева Н.М., Молотилин Ю.И. Взаимодействие гидроксида кальция с сахарами диффузионного сока // Известия вузов. Пищевая технология, 1990. - №4. – С.17-18.

10. Руководство по эксплуатации прибора «Mastersizer μ». Mastersizer Micro. Malvern Instruments Ltd. 2000.

11. Некрасов Б.В. Основы общей химии. – М. : Химия, 1969. - т. 1. – 185 с.

Рецензент: В.Г. Мирончук,
д. т. н., проф.