

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВАПНЯНОГО МОЛОКА У ЦУКРОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

***В.П. Василів, А.М. Матиящук, кандидати технічних наук
Д.В. Михайлюк, студент***

***Національний університет біоресурсів і
природокористування України***

Ю.О. Дашковський, кандидат технічних наук

О.В. Ардинський, аспірант

Національний університет харчових технологій

Розглянуто сучасні способи підвищення якості вапняного молока для очищення соків цукрового виробництва. Наведені їх переваги та недоліки. Як перспективний запропоновано електрогідравлічний спосіб активації вапняного молока.

Вапно, режими випалу, способи активації, електрогідравлічний ефект, дисперсність.

Постановка проблеми. Більше двох століть минуло від моменту розроблення вапняно-вуглецевого способу очищення дифузійного соку від нецукрів, та впровадження цього способу у цукрове виробництво [1]. З того часу було багато спроб замінити вапно якимось іншим реагентом: використовували крейду, молоту цеглу, кизильгур, сірчану кислоту, яєчний білок і інш., та 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. Праці, які зв'язані із 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 вапняного молока, з метою покращення активності вапняного молока, наслідком чого є покращення ефекту очищення соків і економія енергоресурсів та вапнякового каменю, були розрізнені і не систематизовані.

Аналіз останніх досліджень. Вапно в цукровій промисловості отримують випалом вапняку в шахтних печах. Вапно, яке вивантажується із печі, поділяють на вапно вільне, що складається з активного і неактивного оксиду кальцію і зв'язане. В технологічному

© В.П. Василів, А.М. Матиящук, Д.В. Михайлюк,
Ю.О. Дашковський, О.В. Ардинський, 2012

процесі використовують тільки активний оксид кальцію – вапно, яке реагує з водою в процесі гасіння, переходячи в гідроксид кальцію. Все, що не прореагувало з водою на протязі гасіння, підлягає видаленню при очищенні вапняного молока від домішок, складаючи невідновні втрати природних ресурсів України. Склад пічного вапна можна зобразити схемою (рис. 1).

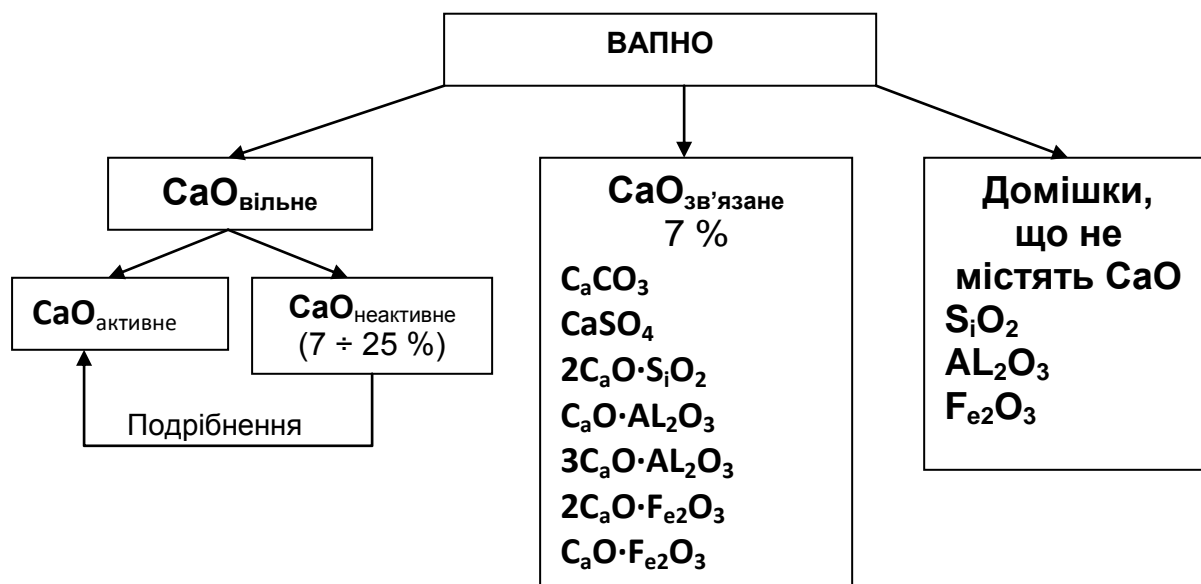


Рис. 1. Хімічний склад пічного вапна.

Пічне вапно являє собою кристалічну речовину білого кольору, яка кристалізується у формі куба. І хоч із печі вивантажується вапно у вигляді грудок, воно являє собою крупні конгломерати дрібних кристалів CaO , розміри яких коливаються від 0,1 до 100 мкм. Дисперсність отриманого вапна залежить від природи випалюваної сировини і режиму випалу [2, 3].

Так крупнокристалічні вапняки дають при випалі вапно із крупним кристалом, високодисперсні крейди при тій же температурі випалу дають вапно з високою дисперсністю частинок CaO . Температура дисоціації природних карбонатів кальцію різного ступеню дисперсності лежить в межах 892-921 °C [2]. Випалюючи вапняки при температурах близьких до температури дисоціації (900 ÷ 950 °C), отримують високодисперсне високоактивне вапно, яке називають м'яко випаленим. Але із такого вапна отримують вапняне молоко, яке погано тече, від нього погано відділяються домішки і воно важко дозується в сік.

При підвищенні температури випалу відбуваються процеси рекристалізації вапна і спікання. Починаючи з температури 1250 °C, вапно вступає в реакцію з домішками вапняку та палива: оксидами кремнію, алюмінію і заліза. При цьому утворюється зв'язане вапно –

силікати, алюмінати і ферити оксиду кальцію, які називають клінкерними мінералами. Клінкерні мінерали надзвичайно повільно реагують з водою в процесі гасіння. При температурі 1250 °C і більше, що характерно для жорсткого випалу, клінкерні мінерали переходять в рідкий стан, плівки рідкої фази обволокують зерна активного вапна, і тим самим заважають доступу води до вапна при гасінні. Таким чином, неактивне вапно, яке входить у склад вільного являє собою суму крупнокристалічного малоактивного оксиду кальцію, який ошлакований плівками зв'язаного вапна. Неактивне вапно може бути переведене в активне шляхом подрібнення. Але типова технологічна схема приготування вапняного молока на цукрових заводах не передбачає подрібнення, тому неактивне вапно, як і вапно зв'язане видаляються із вапняного молока при його очищенні від домішок, складаючи безповоротні втрати CaO для цукрового виробництва. Слід відмітити, що особливо активно з домішками вапняку реагують дрібні фракції вапна.

Крупнокристалічне рекристалізоване вапно і зв'язане вапно прийнято називати перепалом. Цілком зрозуміло, що перепал, який надзвичайно повільно реагує з водою навіть при температурі 80÷90 °C, видаляється при очищенні вапняного молока, забираючи із собою велику частину потенційно активного CaO. Кількість цього вапна при температурі випалу більше 1350 °C може досягати 20% маси всього вапна [2].

З огляду на це, та з метою зниження втрат вапна, дедалі більше дослідників приділяють увагу удосконаленню старих та розробленню нових способів отримання якісного вапняного молока для цукрового виробництва.

Так робота [4] присвячена дослідженню впливу питомої поверхні гідроксиду кальцію вапняного молока на його фізико-хімічні властивості, процес очищення дифузійного соку та якість очищених соків. Показано вплив вихідної кристалічної структури вапняків на питому поверхню вапна та гідроксиду кальцію водно-вапняної суспензії. Науково обґрунтовано застосування водно-вапняної суспензії з питомою поверхнею її твердої фази у діапазоні 4,1... 4,43 м²/г, що дозволяє підвищити ефективність процесів очищення дифузійного соку, уникнути ускладнень на станціях приготування вапняного молока та фільтрації, покращити якісні показники очищеного соку. Експериментально встановлено температурні умови випалу вапняків за різної вихідної кристалічної структури з метою одержання вапна із раціональним діапазоном питомої поверхні його твердої фази.

Таким чином, вапно для цукрового виробництва повинне мати вихідну дисперсність, яка б забезпечувала не тільки одержання

гідроксиду кальцію з високою швидкістю розчинення в дифузійному соку, але й давати вапняне молоко з поліпшеними реологічними властивостями. Останнє необхідне для якісного очищення вапняного молока від домішок, транспортування його по трубопроводах та дозування в сік.

На фізико-хімічні властивості вапняного молока можна впливати і такими способами, як застосування різних добавок в процесі приготування вапняного молока, пристроїв – диспергаторів та інш. У цукровому виробництві отримало визнання окреме направлення підвищення якості вапняного молока – активація вапняного молока, тобто технічний захід (або сукупність технічних заходів), які використовуються в процесі приготування вапняного молока з метою покращення його технологічної цінності [5].

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

- механічні – механічне диспергування частинок маси, що гаситься, чи готового вапняного молока;
- 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 і інш.

Групою вчених ВНІДІЦП [6] розроблено метод механічної кавітаційної активації вапняної суспензії. Автори запропонували пристрій – гідродинамічний кавітаційний активатор вапна. Робота пристрою заснована на диспергуванні частинок вапна кумулятивними високошвидкісними (до 1000 м/с) мікроструменями, які утворювались при схлопуванні кавітаційних бульбашок які заповнені сумішшю газу і пари. Інтенсифікація процесу гасіння вапна в кавітаційному активаторі відбувається завдяки накладенню на звичайні процеси макропереміщування і диспергування кавітаційно-кумулятивного впливу від бульбашок, що схлопуються. Застосування пристрою в умовах виробництва дозволяє за рахунок кавітаційно-кумулятивного оброблення вапняного молока підвищити масову долю активного вапна і знизити витрати вапняку на очищення соків приблизно на 10%.

Але частинки вапна після кавітаційної активації володіють підвищеним енергетичним рівнем і прискорено зникають, що може привести до негативних наслідків. Тому в роботі [7] запропоновано для підвищення стійкості суспензії зразку після кавітаційного оброблення вводити у вапняне молоко цукор. Відомо, що частина вапна в вапняному молоці утримує навколо себе сферу води. Вода в даному випадку грає роль мастила і в деякій мірі перешкоджає

злипання частинок. Для підвищення стійкості частинок до злипання необхідно збільшити товщину їх дифузійних шарів. Цукроза своєю присутністю якраз стовщує дифузійний шар води тим, що молекула цукрози внаслідок гідратації утримує на собі 4÷5 молекул води. Проникаючи в дифузійний шар частинок вапна, цукроза приєднує до неї і інші частинки води, з якими вона гідратаційно зв'язана. Від такої присутності баланс води в дифузійному шарі збільшується, а з ним росте стійкість частинок до злипання.

Виробничі дослідження підтвердили ефективність використання активаторів гідродинамічного типу, але через значне абразивне зношення деталей робочих органів та складність регулювання процесу такий спосіб не знайшов широкого застосування, незважаючи на суттєве зменшення витрат вапняку.

Також науковцями розроблено метод активації водно-вапняної суспензії пароконденсаційною кавітацією [8, 9]. Активація вапняного молока у даному способі відбувається за рахунок руйнівної дії ефекту паро-конденсаційної кавітації на агрегати гідроксиду кальцію, і на частинки незагашеного вапна, що залишились після очищення вапняного молока.

Недоліком висвітлених способів активації вапняного молока є те, що вони сприяють підвищенню його активності тільки за рахунок руйнування агрегатів суспензії на колоїдні частинки, не утилізувавши при цьому потенційно активне вапно, яке знаходиться в домішках.

Дослідження хімічних (реагентних) методів з метою управління процесом гідратації вапна і якістю продукту гасіння виявили помітний вплив деяких домішок на процес гасіння (швидкість гасіння) і властивості загашеного вапна.

Групою авторів [10] розроблено спосіб очищення цукровмістних розчинів, який передбачає приготування вапняного молока гасінням вапна водою з додаванням меляси в кількості 0,1÷7,0% до маси вапна. Технологічний ефект досягається за рахунок підвищення розчинності гідроксиду кальцію, покращення активності вапняного молока і збільшення ступеню дисперсності частинок вапняної суспензії в присутності меляси. Мікроскопічне вивчення структури осаду соку і сатурації показало, що застосування вапняного молока, активованого мелясою, для очищення дифузійного соку сприяє укрупненню частинок сатурованої суспензії.

В інших роботах запропоновано спосіб активації вапняного молока із застосуванням при гасінні вапна добавок: HCl , NH_4NO_3 та CH_3COOH в кількості 0,002155÷0,37093%; NH_4Cl в кількості 0,00133÷0,1924%; $NaCl$, KCl , $NaNO_3$, $KaNO_3$, NaI , KI , $NaBr$, KBr в кількості 0,0105÷0,2100% до маси вапна [11]. Активуюча дія

пояснюється підвищенням розчинності і дисперсності вапна в присутності вказаних електролітів в цих діапазонах концентрацій. Внаслідок того, що використання електролітів на гасіння вапна підвищує розчинність гідроксиду кальцію збільшується масова доля іонів кальцію в розчині.

Розроблений спосіб очищення цукровміщуючого розчину [12], який передбачає додавання при гасінні вапна поверхнево-активної речовини (ПАР): ацетилованої моногліцеринової стеаринової кислоти (АМГЦ – 100), і т.п. В кількості $1 \div 5\%$ до маси вапна. ПАР, понижуючи міжфазну поверхневу енергію, сприяють збільшенню ступеню дисперсності кристалів гідроксиду кальцію в вапняному молоці і збільшують його розчинність.

В роботі [13] висвітлюється раціональний режим приготування вапняного молока активованого фосфатидами рослинного масла (ФРМ). Встановлено, що введення фосфатидів призводить до росту розчинності і активності вапняного молока. Але гасіння вапна з добавками ФРМ значно уповільнює швидкість гасіння. Тому ФРМ краще додавати в готове вапняне молоко, тим більше, що активність вапна вапняного молока не залежить від того, куди було добавлено ФРМ (в воду для гасіння, або в готове вапняне молоко).

Недоліком вище викладених способів активації вапняного молока являється їх неспроможність активувати потенційно активне вапно, яке знаходиться в домішках.

Фізичні методи застосовуються на практиці для покращення гідратації зв'язуючих речовин і якості готових будівельних матеріалів [14]. Отримані позитивні результати при застосуванні в будівництві для гасіння вапна води, яка активована магнітним обробленням [15], і води активованої електрохімічним способом [16]. Використання активованої води для гасіння вапна збільшує швидкість гідратації. Крім того, в продукті гасіння зменшується число зерен, які не погасилися.

В цукровій промисловості розроблений спосіб підвищення реакційної здатності вапняного молока із застосуванням активованого електрохімічним способом [17] розчину NaCl для гасіння вапна. Методика отримання такого розчину передбачає розчинення в воді хлориду натрію і оброблення отриманого розчину в діафрагменному електролізері із нерозчинними, електродами, який дозволяє окремо отримати аналітну і католітну фракції. Для гасіння вапна використовують аналітну фракцію. Приготовлене таким способом вапняне молоко очищують від домішок і направляють на дефекацію. Встановлено, що ефективність очищення значно підвищується при гасінні вапна електрохімічно активованим розчином хлориду натрію в області рН $5,0 \div 7,0$, де чистота соку II сатурації більша на $1,6 \div 1,9\%$ в порівнянні із гасінням вапна неактивованим розчином NaCl.

Такі способи активації вапняного молока мають недолік в тому, що активується тільки погашене вапно, а потенційно активне вапно, яке знаходиться в домішках, відводиться у відвал.

Тому, виходячи із вище викладених способів активації вапняного молока, впливає актуальність розроблення способу активації вже готового, але ще не очищеного від домішок вапняного молока з метою утилізації присутнього в ньому непогашеного потенційно активного вапна.

В теперішній час все більшу роль у промислових технологіях відіграють процеси, засновані на використанні різних електрофізичних методів оброблення, зокрема мікрохвильових, акустичних, електричних постійного та змінного струму, ультрафіолетових, магнітних [18, 19]. Розвиток технічних засобів реалізації електрофізичних методів обробки дозволяє здійснювати їх в імпульсних режимах, які мають незаперечні переваги перед режимами постійного підводу енергії як з точки зору енергоспоживання, так і з точки зору коефіцієнту корисної дії.

Зокрема, інтенсивно розвивається техніка реалізації електричного розряду у рідині, наслідком якого є електрогідралічний ефект [20]. Вперше його було запропоновано Л.А. Юткіним. 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 випромінення; дія плазми каналу іскри, яка супроводжується інфрачервоним, ультрафіолетовим випроміненням; імпульсні електромагнітні поля, які супроводжують розряд. Така різнобічність впливів електрогідралічного ефекту на оброблювані середовища викликає великий інтерес науковців, зокрема у випадку розроблення ефективного способу отримання якісного вапняного молока.

Слід відмітити, що в цьому напрямку досліджень є позитивні результати. Так у роботах [21] наведені основні закономірності впливу електрогідралічного ефекту на фізико-хімічні властивості вапняного молока. В результаті чого було науково обґрунтовано та випробувано новий електрогідралічний спосіб активації вапняного молока, який дозволяє підвищити активність молока на 14÷15% при раціональному режимі оброблення: напруга 30÷45кВ, кількість розрядів 15÷10. Одержаний ефект характеризується руйнуванням частинок непогашеного вапна та вивільненням активного вапна із комплексних сполук зв'язаного вапна з подальшою реакцією його з водою. Підтвердженням цьому є зростання дисперсності твердої

фази молока, що підвищує питому поверхню твердої фази $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в 2,2 рази. Про це також свідчить уповільнення розшарування обробленої суспензії в 2÷9 разів та збільшення об'єму осаду твердої фази на 17%. Немаловажним результатом є руйнівна дія електрогідралічного ефекту на зв'язане вапно, яке присутнє у вапняному молоці, що дасть змогу утилізувати непогашене вапно щонайменше на 15-20% до маси всього CaO , яке отримується у вапняному відділенні цукрового заводу, а це для заводу потужністю 3000т перероблення цукрового буряку на добу складає 15 – 21т CaO на добу. Виявлено також, що електрогідралічне оброблення вапняного молока сприяє підвищенню ефекту очищення дифузійного соку в середньому на 3,2%. Такі позитивні результати експериментів дозволили авторам розробити та теоретично обґрунтувати промислово-апаратне оформлення процесу приготування вапняного молока зі встановленням електрогідралічного активатора після вапногасильного апарату, що дасть можливість запобігти видаленню із домішками потенційно активного вапна яке не встигло погаситись.

Висновки

Зміна режимів випалу та гасіння вапна впливає на якість вапняного молока. Недоліком є те, що при випалі буде мати місце утворення перепалу, зв'язаного та неактивного вапна. Саме тому отримане із такого вапна вапняне молоко необхідно активувати з метою недопущення відділення з домішками потенційно активного вапна.

Висвітлені вище способи активації вапняного молока дають змогу покращити його активність за рахунок застосування різних хімічних, електрохімічно-активованих добавок в процесі приготування, та різних пристроїв – диспергаторів. Недоліками таких способів активації є значне абразивне зношення деталей робочих органів пристроїв, складність регулювання процесу активації, та неможливість утилізувати вапно, яке знаходиться в домішках.

Застосування електрогідралічного ефекту для отримання вапняного молока є найбільш ефективними серед розглянутих способів. Цей метод дозволяє отримати високоактивне вапняне молоко за рахунок руйнівної дії електрогідралічного ефекту на частинки непогашеного та зв'язаного вапна, а це дозволить вивільнити потенційно активне вапно, що призведе до економного використання вичерпних родовищ вапняку України.

Список літератури

1. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 431 с.
2. Табунщиков Н.П. Производство извести / Н.П. Табунщиков. – М.: Химия, 1974. – 240 с.

3. *Бутт Ю.М.* Твердения вяжущих при повышенных температурах / *Ю.М. Бутт, Л.Н. Рашковыч.* – М.: Стройиздат, 1965. – 350 с.
4. *Гусарук Т.С.* Технологічна оптимізація якості вапняного молока для підвищення ефекту очищення дифузійного соку : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.05 «Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння» / *Т.С. Гусарук.* – К., 2008. – 20 с.
5. *Лосева В.А.* Известь: производство и применение в сахарной промышленности / *Лосева В.А., Наумченко И.С., Ефремов А.А.* – Воронеж: Воронежская гос. технологическая академия, 2003. – 224 с.
6. *Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства* / [В.О. Штангеев, В.Т. Кобер, В.Т. Белостоцкий та ін.] – К.: Цукор України, 2003. – 352 с. ; в 2-х ч. : Ч. 1.
7. *Пат. 2016903 С1* Российская Федерация, МПК⁵ С 13 D 3/02. Способ очистки диффузионного сока / *Д.В. Озеров, А.Н. Сапронов.* — Оpubл. 30.07.94, Бюл. №14.
8. *Верченко Л.М.* Активация вапняного молока в цукровому виробництві / *Верченко Л.М., Хомічак Л.М., Калініченко О.М.* // Цукор України. – 2002. – №3. – С. 26–28.
9. *Матиящук А.М.* Інтенсифікація процесів очищення дифузійного соку цукрового виробництва із застосуванням кавітації : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец : 05.18.12 «Процеси й обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв» / *А.М. Матиящук.* – К., 2000. – 24 с.
10. *Лосева В.А.* Интенсификация очистки соков и сиропов в сахарном производстве / *В.А. Лосева.* – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. – 176 с.
11. *А.с. SU 1708851 А, МКИ³ С 13 D 3/00.* Способ очистки диффузионного сока / *В.А. Лосева, И.С. Наумченко, В.М. Перельгин.* — опубл. 30.01.92, бюл. № 4.
12. *Пат. 2160314 С1,* Российская Федерация, МКИ⁷ С 13 D 3/02. Способ очистки сахаросодержащего раствора / *Н.М. Подгорнова, А.И. Ситникова, В.М. Перельгин.* – опубл. 10.12.2000, бюл. № 34.
13. *Совершенствование технологии очистки соков сахарного производства за счёт повышения реакционной способности известкового молока* / *В.А. Лосева [и др.] ; М-во образования Рос. Федерации, Воронежская гос. технол. академия.* – Воронеж, 2002. – 22 с. – Деп. в ВИНТИ 23.05.2002, № 913. – В2002.
14. *Лазаренко Л.Н.* Активация воды в производстве бетона / *Л.Н. Лазаренко, Г.В. Ложка, Д.М. Оноприенко* // Изв. ВУЗов. Сер. Строительство и архитектура. – 1990. – № 12. – С. 55–57.
15. *Калныня А.А.* Влияние магнитной обработки на систему СаО – Н₂О / *А.А. Калныня, А.П. Клявня, И.Я. Лауманис* // Технологическая механика бетона : сб. трудов. – Рига, 1979. – Вып. 4. – С. 114–119.
16. *А.с. SU 1178719 А, МКИ⁴ С 04 В 2/04.* Способ гашения извести / *А.Г. Ликумович, П.А. Кирпичников, Л.А. Аверко-Антонович и др.* – Оpubл. 15.09.85, бюл. № 34.
17. *Ефремов А.А.* Совершенствование технологии очистки сахаросодержащих растворов с применением активированного известкового молока : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : ВГТА / *А.А. Ефремов.* – Воронеж, 2002. – 24 с.
18. *Соколенко А.І.* Фізико-хімічні методи обробки сировини та продуктів харчування / *Соколенко А.І., Костін В.Б., Васильківський К.В.* – К.: АртЕк, 2000. – 306 с.

19. *Українець А.І.* Розроблення технологій та апаратури для подовження терміну зберігання харчових продуктів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук : спец.: 05.18.12 «процеси й обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв» / *А.І. Українець*. – К., 1999. – 44 с.
20. *Юткин Л.А.* Электрогидравлический эффект / *Л.А. Юткин*. – М.: Машгиз, 1955. – 50 с.
21. *Вплив параметрів електрогідравлічного оброблення на ступінь дисперсності твердої фази водно-вапняної суспензії* / *В.П. Василів, А.І. Українець, Ю.О. Дашковський* [та інш.] // Обладнання та технології харчових виробництв. – Донецьк, 2005. – Вип. 13. – С. 140–146.
22. *Василів В.П.* Розроблення та застосування способу електрогідравлічної інтенсифікації процесів харчових виробництв : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.12 «Процеси й обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв» / *В.П. Василів*. – К., 2005. – 20 с.
23. *Вплив електрогідравлічного ефекту на інтенсифікацію процесу активації водно-вапняної суспензії у бурякоцукровому виробництві* / *В.П. Василів, Ю.О. Дашковський, В.В. Олішевський* [та інш.] // Цукор України. – 2011. – №1(61). – С. 41–45.

Рассмотрены современные способы повышения качества известкового молока для очистки соков сахарного производства. Приведены их преимущества и недостатки. Как перспективный предложен электрогидравлический способ активации известкового молока.

Известь, способы активации, электрогидравлический эффект, дисперсность.

The modern methods of upgrading limewater are considered for cleaning of juices of saccharine production. Their advantages and failings are resulted. As the perspective is offered electro-hydraulic method of activating of limewater.

Lime, methods of activating, electro-hydraulic effect, dispersion.

УДК 621.87

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РУХУ КОРМОЗМІШУВАЧА ГВИНТОВОГО ТИПУ

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
А.В. Яворська, аспірант****

Побудовано динамічну та математичну модель кормозмішувача гвинтового типу. Методами варіаційного

****Науковий керівник – доктор технічних наук В.С. Ловейкін***

© В.С. Ловейкін, А.В. Яворська, 2012