УДК 664.1.053.2.054

Спосіб підвищення ефективності роботи сатураційних апаратів

В.В. Пономаренко, *кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій*

Запропоновано нову технологічну схему використання сатураційного газу в апаратах сатурації. Схема передбачає проведення першої ступені першої сатурації відпрацьованим сатураційним газом з апарату другої сатурації. При цьому зменшується загальна витрата сатураційного газу, забруднення атмосфери діоксидом вуглецю а також втрати тепла.

Ключові слова: сатуратор, станція сатурації, ежектор, діоксид вуглецю, втрати тепла.

Предложена новая технологическая схема использования сатурационного газа в аппаратах сатурации. Схема предусматривает проведение первой ступени первой сатурации отработанным сатурационным газом из аппарата второй сатурации. При этом уменьшается общий расход сатурационного газа, загрязнение атмосферы диоксидом углерода, а также потери тепла.

Ключевые слова: сатуратор, станция сатурации, эжектор, диоксид углерода, потери тепла.

Is offered modern tehnolohycheskaya scheme carbonation using strip apparatus carbonation. Scheme envisage conduct of the first steps carbonated gas apparatus of the second carbonation. When told decreases sharing expenditure gas carbonated, carbon dioxide atmosphere pollution, as well as the loss of heat.

Keywords: saturator, carbonation station, ejector, carbon dioxide, the loss of heat.

Постановка проблеми

Робота апаратів першої та другої сатурацій супроводжується низькою ефективністю очищення цукрового розчину від нецукрів, значним забрудненням атмосфери невикористаним CO_2, великими тепловими втратами. Низький ефект очищення збільшує втрати цукру з мелясою. Неповне використання CO_2 з сатураційного газу приводить до збільшення матеріальних та енергетичних витрат, забруднення атмосфери. Теплові втрати від викиду великих об'ємів сатураційного газу високого потенціалу приводить до зниження температури соку та компенсуються додатковими затратами енергії на його підігрів до оптимальної температури.

Вказані недоліки роботи апаратів сатурації в кінцевому рахунку відбиваються на собівартості цукру.

Аналіз останніх публікацій

Окремі недоліки вирішуються відомими технічними рішеннями.

Низьку ефективність очищення цукрового розчину від нецукрів можна збільшити, використовуючи метод секціонування апаратів. В кожній наступній секції проходить поступове зниження лужності соку до кінцевої, тобто в перших секціях апарату виділяється стадія утворення з молекулярного $CaCO_3$ кристалічної структури карбонату кальцію, який володіє високою адсорбційною здатністю, і в наступних секціях проходить поступовий ріст утворених кристалів з адсорбцією нецукрів на постійно оновлюваній поверхні карбонату кальцію для можливості їх видалення з розчину методом відстоювання або фільтрування. При такому ведені процесу першої сатурації соки досягають більш високого степеню очищення від нецукрів.

Відомо достатньо багато конструкцій сатураторів, які реалізують ідею секціонування апаратів як в барботажному режимі [1, 2] так і з першою розпилюючою ступенню [3, 4]. В якості першої розпилюючої ступені може бути використаний як пустотілий абсорбер з встановленому в ньому форсункою [3], так і ежекційний апарат [4].

В апаратах барботажного типу коефіцієнт використання CO_2 доволі низький, що потребує проходження значних об'ємів сатураційного газу для досягнення оптимальних технологічних показників цукрового розчину, а отже спостерігаються підвищені втрати тепла з відпрацьованим газом. Більш ефективним в цьому плані є апарати сатурації з першою розпилюючою ступінню контакту фаз [3], так як вони передбачають послідовний контакт частини сатураційного газу з цукровим розчином спочатку в розпилюючій ступені, а потім в барботажній ступені сатуратора. Підвищується коефіцієнт використання CO_2, а отже буде меншим і об'єм сатураційного газу, що необхідний для обробки розчину до кінцевої лужності, відповідно зменшуються втрати тепла.

Втрати тепла з відпрацьованим сатураційним газом в апаратах сатурації можливо зменшити, якщо застосувати запропонований апарат сатурації [5], в якому передбачено встановлення на витяжній трубі циклонного теплообмінника. Частина тепла відпрацьованого сатураційного газу, в цьому випадку буде використовуватись на нагрів холодної води, яку можливо використовувати на виробництві. Проте можливість використання води низького потенціалу на цукровому заводі обмежена.

Мета статті. Розробити спосіб сатурації цукрового розчину, який приведе до підвищення ефективності очищення цукрового розчину від нецукрів при загальному зменшенні витрати сатураційного газу, а отже і зменшення забруднення атмосфери діоксидом вуглецю, зменшення матеріальних та енергетичних потоків для виробництва сатураційного газу, зменшення втрат тепла з газом, що покидає сатураційні апарати.

Виклад основного матеріалу. Загальновідомо, що обробка дефекованого соку на першій сатурації в секційних апаратах дозволяє отримати соки вищої степені очищення ніж в односекційних апаратах приблизно на 1%. Кількість ступенів повинно бути не менш ніж дві. На першій ступені сатурації в пересиченому розчині одночасно утворюються центри кристалізації карбонату кальцію, які при цьому мають найвищу адсорбційну здатність. На другій ступені сатуратора проходить ріст попередньо утворених кристалів карбонату кальцію з одночасною адсорбцією нецукрів на їх поверхні в однакових умовах, що приводить до утворення кристалів $CaCO_3$ рівного розміру. Це позитивно з точки зору як їх наступного осадження в відстійниках так і фільтрації.

Таким чином, проведення сатурації в два етапи дозволяє отримати більш якісний сік як з точки зору фільтраційних та седиментаційних властивостей, так і з точки зору очищення його від нецукрів.

Також відомо, що проведення другої сатурації відбувається при високій температурі (100-102°) та при низькому коефіцієнті використання діоксиду вуглецю (50…60%) [7]. Об'єм газу, який виводиться на другій сатурації в атмосферу становить більше двадцяти об'ємів рідини, що обробляється. Цей газ насичений парами води при температурі сатурації та має високу концентрацію невикористаного CO_2 (10…15%). В результаті сік охолоджується до 90…95°С (випаровується близько 1,5% води).

Спираючись на загальновідомі наведені факти пропонується використовувати відпрацьований сатураційний газ з апарату другої сатурації на першій ступені першої сатурації [6], яка проходить при більш низькій температурі (80…85°С). В цьому випадку відбувається передача теплоти цукровому розчину та відпадає необхідність підігрівати сік після апарату першої сатурації перед фільтрацією до температури 90°С. Оскільки такий газ в попередньому випадку викидався в атмосферу, то в запропонованому способі сатурації буде явна економія тепла. Внаслідок того, що в відпрацьованому сатураційному газі з апарату другої сатурації знаходиться велика кількість діоксиду вуглецю, його достатньо для проведення першої ступені I сатурації в розпилюючому режимі з 20…30-процентною ступінню карбонізації, що необхідно для створення значного пересичення розчину молекулярним $CaCO_3$ та утворення кристалічного карбонату кальцію високої адсорбційної здатності.

В подальшому сатурація частково обробленого розчину проходить в барботажном режимі сатураційним газом, що отримується в вапняково-обпалювальній печі. При цьому проходить ріст одночасно утворених в першій розпилюючій ступені сатуратора кристалів карбонату кальцію з адсорбцією нецукрів на поверхні кристалів $CaCO_3$. Сатураційного газу при цьому буде використовуватись значно менше, ніж при роботі сатуратора по типовій схемі, а отже і забруднення атмосфери діоксидом вуглецю буде значно меншим. Використання відпрацьованого сатураційного газу з апарату другої сатурації дозволить зменшити загальні витрати сатураційного газу на проведення процесів першої та другої сатурації, що в свою чергу дозволить також зменшити витрати палива на отримання сатураційного газу в вапняково-обпалювальній печі.

На **рис.1** зображений спосіб сатурації цукрових розчинів.

По даній схемі сатурація цукрових розчинів здійснюється в основному дефекаторі 1, першій ступені першого сатуратора 2, другій ступені першого сатуратора 3, в апараті другої сатурації 4, причому сік з дефекатора на першу ступень першої сатурації подається за допомогою насосу 5.

Спосіб сатурації цукрового розчину здійснюється наступним чином. Преддефекований цукровий розчин подається в дефекатор 1 в якому він змішується з 2,5 – 3 %CaO та проходить хімічне очищення від нецукрів. Лужність соку при цьому складає pH 12,2 – 12,3.

Дефекований цукровий розчин з дефекатора подається насосом 5 в першу ступень 2 апарата I сатурації, де він обробляється сатураційним газом, яким є відпрацьований сатураційний газ з апарату другої сатурації 4 при температурі 100…102°С, насичений парами води та містить близько 10…15% діоксиду вуглецю. В першій ступені сатуратора температура цукрового розчину близько 78°С. При взаємодії з сатураційним газом такий розчин буде абсорбувати CO_2 з подальшою хімічною реакцією та утворенням молекулярного $CaCO_3$ та нагріватись за рахунок вивільнення теплоти конденсації водяного пару. Необхідно відмітити, що швидкість абсорбції діоксиду вуглецю

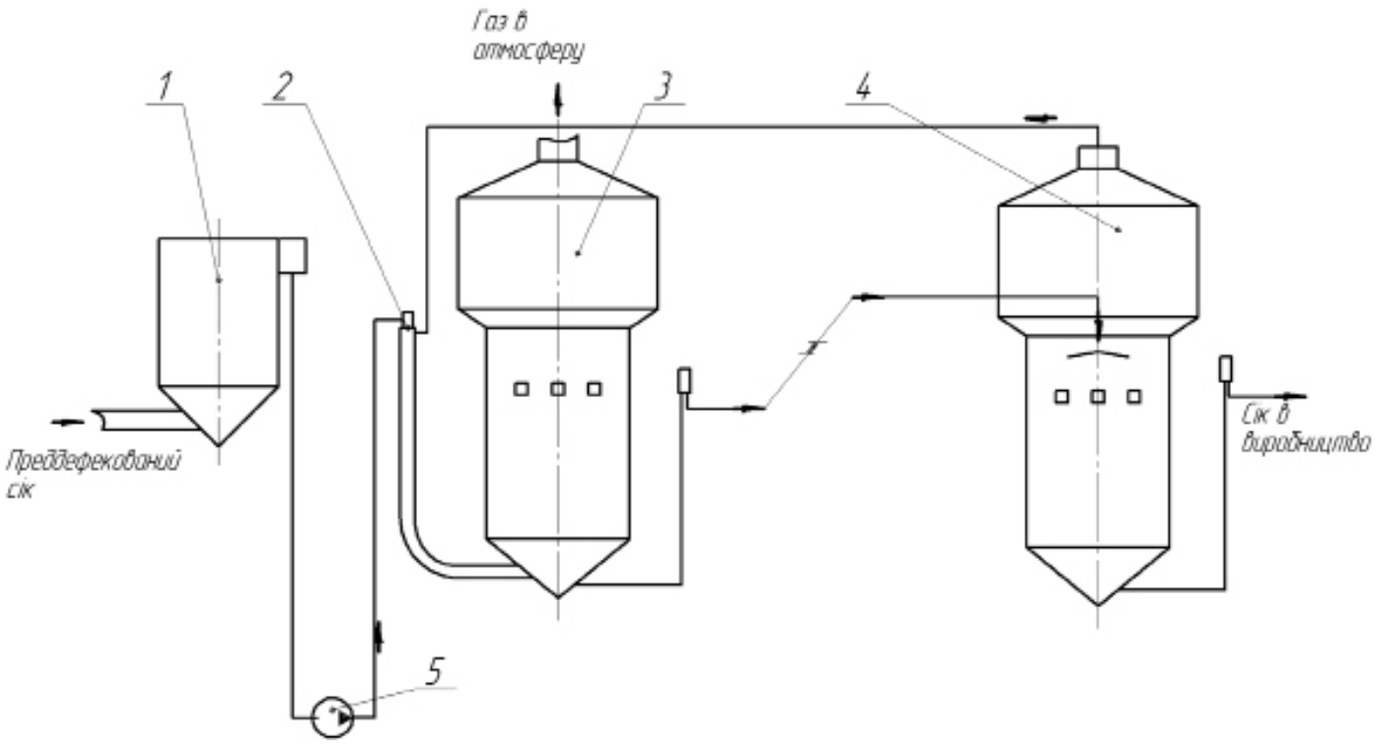

Рис. 1. *Спосіб сатурації цукрового розчину*

при співпаданні напряму дифузії молекул CO_2 та молекул води пришвидшується, що є умовою проведення швидкої сатурації розчину. В цьому випадку, як відомо, отримуються соки більш високої степені очищення. При степені карбонізації розчину 20…30% досягається значне пересичення розчину молекулярним карбонатом кальцію, що є умовою отримання кристалічних зародків, причому вони будуть утворені одночасно та мати найбільшу адсорбційну здатність нецукрів.

Таким чином, уже на першій ступені першої сатурації створюються умови для отримання соків високого степеня очищення.

Важливим питанням є апаратурне вирішення реалізації запропонованого способу сатурації. Можливо застосовувати газові насоси для стиснення та подачі відпрацьованого сатураційного газу з апарату другої сатурації на першій ступені першої сатурації. Та в цьому випадку позитивний ефект від запропонованого способу буде співрозмірний з затратами на стиснення гарячого та вологого газу.

Пропонується використовувати в якості насосу для подачі відпрацьованого сатураційного газу з апарату другої сатурації на першій ступені першого сатуратора ежекційний апарат з диспергованою струминою робочої рідини. При використанні такого апарату досягається наступне:

- коефіцієнт ежекції такого апарату досить значний, весь відпрацьований сатураційний газ з апарату другої сатурації буде використаний на першій ступені та виключиться викид гарячого газу в атмосферу;

- виключиться додаткова витрата енергії на стиснення відпрацьованого сатураційного газу для можливості його використання на першій ступені (в випадку використання газових насосів);

- висока поверхня контакту фаз в ежекційному апараті з диспергованою струминою є однією з умов проведення швидкої сатурації а отже і високої степені очищення розчину від нецукрів.

Після обробки на першій ступені соко-газова суміш потрапляє на другу ступень першої сатурації в апарат 3, де проходить зниження лужності соку до кінцевої 0,1 %CaO (pH 11…11,2) за рахунок обробки цукрового розчину сатураційним газом, що отримується в вапняково-обпалювальній печі з концентрацією 30 – 35% CO_2. В барботажній ступені сатуратора продовжується ріст всіх кристалів карбонату кальцію в умовах масового барботажу сатураційного газу через шар соку та адсорбція нецукрів на кристалічному $CaCO_3$.

Таким чином, друга ступень першої сатурації необхідна для рівномірного росту кристалів карбонату кальцію з одночасною адсорбцією нецукрів на її постійно оновлюваній поверхні. Умова отримання однорідного кристалу з високими седиментаційно-фільтраційними показниками для осаду сатураційного соку першої сатурації в запропонованому способі сатурації буде дотримана.

В подальшому після фільтрації цукрового розчину, підігріву такий сік буде направлений на другу сатурацію 4 для зниження вмісту солей кальцію та лужності соку до 0,015 – 0,020 %CaO. Після обробки в апараті другої сатурації сік через переливний ящик подається на подальшу обробку.

Висновки.

1. При проведенні процесу другої сатурації коефіцієнт використання діоксиду вуглецю є низьким, що приводить до значного забруднення атмосфери CO_2 а також до великих втрат тепла з відпрацьованим сатураційним газом.

2. Запропонована схема використання відпрацьованого сатураційного газу з апарату другої сатурації в якості газу для першої ступені двосекційного апарату дозволить значно зменшити витрату сатураційного газу для проведення процесів сатурації, а отже і зменшити забруднення атмосфери відпрацьованим сатураційним газом.

3. Робота по запропонованій схемі дозволяє економити енергоресурси внаслідок використання тепла з відпрацьованого сатураційного газу.

4. В якості насоса для транспортування відпрацьованого сатураційного газу в апарат першої сатурації доцільно використовувати ежекційний апарат з подовженою камерою змішування та відцентрово-струминною форсункою в якості робочого сопла.

5. Схема може бути зроблена силами цукрового заводу.

6. Запропонована схема використання відпрацьованого сатураційного газу з апарату другої сатурації на першій ступені секційного апарату першої сатурації захищена патентом України.

Список використаних джерел

1. *Штангеев, В.О.* Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. В 2-х ч. Ч.1. / В.О.Штангеев, В.Т. Кобер, Л.Г. Белостоцкий и др.; Под ред. В.О. Штангеева. – К :, «Цукор України», 2003. – 352 стр.

2. *Рева, Л.П.* Напрямки комплексного удосконалення сучасних технологічних процесів очищення дифузійного соку / Рева Л.П., Шостаковський В.А., Антоненко Т.І. // Цукор України.- 2007. - № 5-6. - с. 12 – 17.

3. *Выскребцов, В.Б.* Производственные испытания распылительного сатуратора под давлением / Выскребцов, В.Б., Пономаренко В.В., Бочкин В.И. // Сахарная промышленность. - 1986. - №9. - с.30 – 32.

4. *Воинов, С.К.* Совершенствование способа инжекционно-барботажной сатурации клеровки сахара- сырца. - Дис…. к.т.н., М. :2008 г. - с. 162.

5. *Патент 84800 UA, МПК C 13D 3/04 (2006.01).* Сатуратор-нагрівач / Пушанко М.М., Пушанко Н.М. ; заявник НУХТ. № a200704072, заявл. 13.04.2007; опубл. 25.11.2008, Бюл. №22, 2008 р.

6. *Патент 104097 UA, МПК C 13B 20/00 (2013.01).* Спосіб сатурації цукрових розчинів / Пономаренко В.В., Пушанко Н.М. ; заявник НУХТ. № a 201213580, заявл. 27.11.2012; опубл. 25.12.2013, Бюл. №24, 2013 р.

7. *Сапронов, А.Р.* Технология сахарного производства : учебник для высш. учеб. завед. / А.Р. Сапронов. – М. : Агропромиздат, 1986. – 431 с.

Рецензент: М.М.Пушанко, д.т.н., проф.

ЦІКАВІ НОВИНИ

Нанокомпозитна плівка з відходів цукрової тростини, яка біорозкладається

Іранські дослідники з Тегеранського університету використовували відходи цукрової тростини для виробництва повністю целюлозної нанокомпозитної плівки (ACNC). Отриманий ними продукт має унікальні фізико-механічні властивості та може знайти безліч застосувань в індустрії упаковки, медицині та електронної промисловості.

Іранський спосіб виробництва нановолокон простіше, швидше і рентабельніше існуючих методів. Як повідомляється, розмір нановолокон з целюлози становить 26-52 нм, нанокомпозитна плівка з них здатна протистояти навантаженням на розтяг до 140 Мпа. Така міцність перевищує показники всіх існуючих, як біорозкладаних, так і тих, що не піддаються хімічному розкладанню плівок.

Можливо, винахід вчених з Тегерана зможе замінити в упаковці штучні полімери та продукти нафтопереробки, виробництво і використання яких супроводжується нанесенням шкоди навколишньому середовищу.

Сировиною для нановолокон ACNC служить найбільш поширений в природі біополімер целюлоза, яка може бути отримана з відходів тростини, що утворюються в процесі виробництва цукру. Волокнистий жмих залишається непотрібним після подрібнення стебел цукрової тростини і віджимання з них солодкого соку. Іран щорічно випускає сотні тисяч тонн тростинного цукру, за словами головного дослідника Моін Кадера кожна тонна супроводжується утворенням 280 кг відходів.

У ході виробництва плівки волокна целюлози виділяють зі жмиху, очищають і подрібнюють механічним способом, після чого використовують для виготовлення «нанопаперу». Кінцевий нанокомпозитний продукт із заявленими властивостями отримують методом часткового розчинення в диметилацетаміді - хлориде літію (N, N-dimethylacetamide/lithium chloride).

Результати роботи вчених опубліковані в журналі Carbohydrate Polymers (Вуглеводні полімери) в січні 2014 року.

Джерело: Facepla.net