

**Ющук И.В., Овчарук В.А., Вовкодав Н.И., Метлѣв С.Г.**

**Исследование влияния диаметра сатуратора сахарного производства на поглощение диоксида углерода**

*Ющук Инна Васильевна, старший преподаватель,  
Овчарук Владимир Алексеевич, кандидат технических наук., доцент заведующий кафедрой,  
Вовкодав Наталия Ивановна, кандидат физико-математических наук, доцент,  
Метлѣв Сергей Геннадиевич, инженер-программист,  
Кафедра информатики Национального университета пищевых технологий, г. Киев, Украина*

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию влияния размеров оборудования для сатурации в процессе очистки диффузионного сока в сахарном производстве. Разработана математическая модель и параметрические схемы для расчета процесса карбонизации. Установлено, что теоретический размер сатуратора меньше тех аппаратов, которые используются на сахарных заводах. Насыщение диоксидом углерода сатурационного газа негативно влияет на коэффициент его использования.

**Ключевые слова:** оптимизация расчета, очистка диффузионного сока, сахарное производство.

**Введение.** Основная задача очистки диффузионного сока известью и сатурационным газом – максимально возможное удаление несахаров и получение осадка с высокими седиментационно-фильтрационными показателями.

Наибольшее распространение в заводской практике получили технологические схемы холодно-(тепло-) горячей очистки диффузионного сока, включающие преддефекацию и комбинированную холодно-(тепло) горячую основную дефекацию.

Высокое качество полупродуктов при этом достигается благодаря наличию холодной (теплой) ступени основной дефекации, на которой растворимость извести с понижением температуры сахаросодержащего раствора увеличивается, направление реакций растворения редуцирующих веществ изменяется в сторону образования малоокрашенных веществ. Последние хорошо адсорбируются в процессе I сатурации, происходит интенсивное разложение хромофорных систем в молекулах красителей с одновременным уменьшением цветности, а при нагревании холодного дефекованного сока, вследствие уменьшения растворимости извести, образуется пересыщенный сахаро-известковый раствор, который при дальнейшем сатурировании проходит стадию геля, имеющего высокие адсорбционные свойства.

Но при очистке диффузионного сока по схеме с холодно- (тепло-) горячей основной дефекацией не всегда достигаются одновременно высококачественные и седиментационно-фильтрационные показатели.

Один из радикальных методов улучшения фильтрационно-седиментационных свойств осадка – предсатурационная обработка. Поэтому в производственной практике, особенно зарубежных стран, получили распространение схемы очистки, где для получения осадка с хорошими седиментационно- фильтрационными свойствами применяются преддефекосатурация или предварительная дефекация в комбинации с преддефекосатурацией. В результате высокомолекулярные вещества и вещества коллоидной дисперсии коагулируют с одновременной дегидратацией и адсорбируются на поверхности образованных кристаллов карбоната кальция.

Перспективными способами очистки диффузионного сока, как с точки зрения максимального эффекта очистки, так и формирования хороших фильтрационно-седиментационных свойств осадка, являются схемы с отделением основной массы коагулята несахаров до основной дефекации. Повышение эффективности очистки при этом основано на недопущении растворения осадка в процессе основной дефекации и повышении эффективности проведения I сатурации на чистом осадке карбоната кальция.

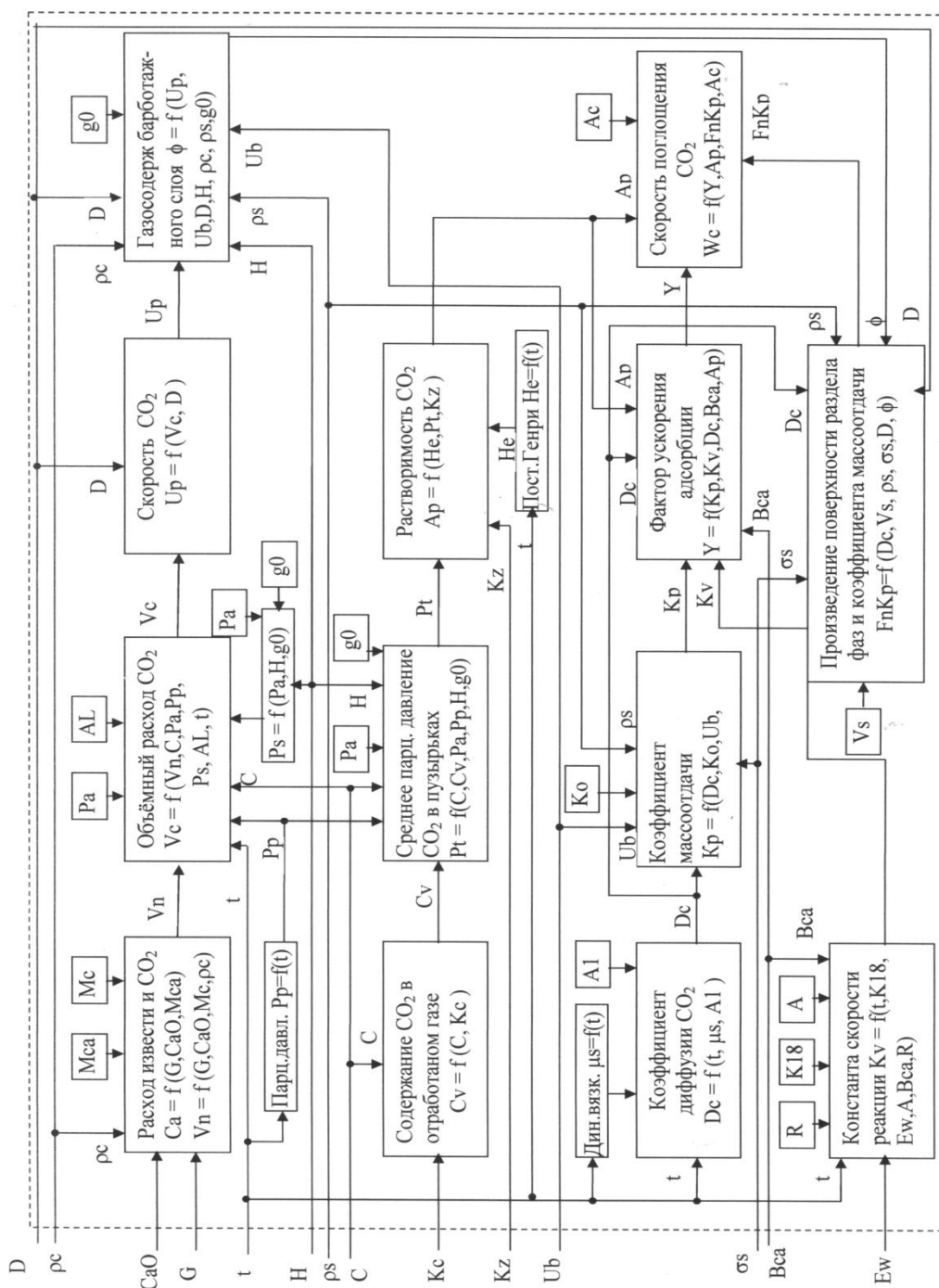
На сахарных заводах рекомендована в широкое внедрение технологическая схема очистки диффузионного сока с прогрессивной преддефекацией, комбинированной основной дефекацией, дефекацией перед II сатурацией с рециркуляцией всей стуженной суспензии сока II сатурации вместе с частью нефильтрованного сока I сатурации на преддефекацию.

**Материалы и методы.** На кафедре информатики (НУХТ, г. Киев) проведена работа по оптимизации процесса расчета оборудования, предназначенного для поглощения диоксида углерода с целью нейтрализации гидроксида кальция при очистке диффузионного сока в сахарном производстве.

С этой целью была разработана математическая модель расчета технологического процесса сатурации, параметрическая схема которой приведена на рис. 2. На первой сатурации с участием карбоната кальция завершается формирование осадка с необходимыми для его отделения седиментационными и фильтрационными свойствами.

На количество удаленных из сока на первой сатурации несахаров адсорбцией и сокристаллизацией, наряду с затратами извести, значительно влияют следующие параметры:

- содержание гидроксида кальция в соке во время кристаллизации карбоната кальция;
- температура;
- скорость поглощения диоксида углерода;
- площадь поверхности и величина заряда частиц карбоната кальция;
- линейная скорость кристаллизации карбоната кальция и др.



**Рис. 2.** Параметрическая схема математической модели расчета скорости поглощения CO<sub>2</sub> в сатураторе, где  $D$  – диаметр сатуратора, м;  $H$  – уровень сока в аппарате, м;  $Gz$  – мощность завода, т/сутки; температура процесса, °C;  $S$  – сахаристость сока, %;  $CaO$  – расход известки на очистку, % к м.с.;  $C$  – содержание CO<sub>2</sub> в сатурационном газе, %;  $Kc$  – степень использования CO<sub>2</sub>;  $Ac$  – начальная концентрация CO<sub>2</sub>;  $\rho s$  – плотность сока, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho c$  – плотность CO<sub>2</sub>, кг/м<sup>3</sup>;  $vs$  – кинематическая вязкость сока, м<sup>2</sup>/с;  $\sigma s$  – поверхностное натяжение на поверхности раздела фаз, Н/м;  $Ub$  – скорость всплывания газовых пузырьков, м/с;  $Ew$  – энергия активации, Дж/моль;  $Bca$  – концентрация гидроксида кальция в соке, кмоль/м<sup>3</sup>;  $Ko$  – коэффициент сопротивления при массотдаче;  $Kz$  – коэффициент содержания сахара;  $g0$  – ускорение силы тяжести;  $Mca$  – молекулярная масса CaO;  $Mc$  – молекулярная масса CO<sub>2</sub>;  $K18$  – константа скорости реакции при температуре 18 °C;  $\alpha$  – коэффициент расширения;  $Pa$  – атмосферное давление;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $A$ ,  $A1$  – коэффициенты;  $G$  – мощность завода, кг/с;  $\mu s$  – динамическая вязкость сока, (Н·с)/м<sup>2</sup>;  $He$  – постоянная Генри;  $Pp$  – парциальное давление водяного пара, МПа;  $Ca$  – расход известки, Кмоль/с;  $Vn$  – количество CO<sub>2</sub> для нейтрализации известки, м<sup>3</sup>/с;  $Vc$  – объёмный расход сатурационного газа с учетом температуры, давления и сдвигания слоев сока, м<sup>3</sup>/с;  $Dc$  – коэффициент диффузии диоксида углерода в соке, м<sup>2</sup>/с;  $Kp$  – коэффициент массотдачи, м/с;  $Ar$  – растворимость CO<sub>2</sub> в водном растворе сахарозы, Кмоль/м<sup>3</sup>;  $Wc$  – скорость поглощения CO<sub>2</sub> щелочным соком, Кмоль/м<sup>3</sup>.

Высокий показатель степени использования диоксида углерода обеспечивает работу завода без пере- расхода известняка, топлива и энергии, значительно улучшает управление первой сатурацией.

На степень использования диоксида углерода влияют следующие параметры:

- содержание гидроксида кальция в соке, который находился в сатураторе;
- поверхность раздела между соком и газом;
- интенсивность перемешивания сока и др.

Конечной целью этой работы является достижение оптимального значения диаметра сатуратора в зависимости от содержания диоксида углерода в сатурационном газе.

**Результаты.** Было установлено, что при снижении содержания диоксида углерода в сатурационном газе до 20% степень поглощения возрастает примерно до 70%.

При оптимизации была учтена взаимосвязь перечисленных параметров процесса и сделан контрольный расчет. По табличным данным получены уравнения, использованные в математической модели [1].

Это величина постоянной Генри для температур в пределах 20 – 90 °С, которая определяется по формуле, полученной методом наименьших квадратов с абсолютной погрешностью, которая составляет  $\delta^2 = 1,6 \cdot 10^{-2}$

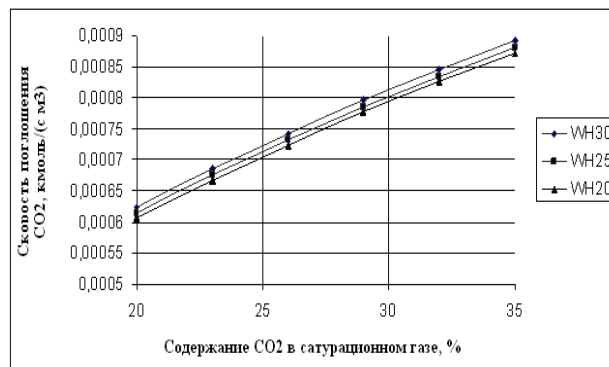
$$H_e = 1,654 \cdot 10^{-4} t^2 - 9,162 \cdot 10^{-3} t + 0,157 \quad (1)$$

Величина равновесного парциального давления водяного пара, которая определяется по уравнению, полученному с абсолютной погрешностью  $\delta^2 = 4.818 \cdot 10^{-3}$

$$P = 2,48 \cdot 10^{-4} t^2 - 2,0613 \cdot 10^{-2} t + 0,5252 \quad (2)$$

и значение динамической вязкости сока, полученной по аппроксимированной формуле со среднеквадратической погрешностью  $\delta^2 = 5,38 \cdot 10^{-10}$

$$\mu = 2 \cdot 10^{-7} t^2 - 3,8 \cdot 10^{-5} t + 2,27 \cdot 10^{-3} \quad (3)$$



**Рис. 1.** Зависимость скорости поглощения CO<sub>2</sub> от его содержания в сатурационном газе и диаметра аппарата (WH30 – 3 м; WH25 – 2,5 м; WH20 – 2 м).

**Выводы.** Результатом работы является определение того, что теоретический размер сатуратора меньше тех аппаратов, которые используются на сахарных заводах и изменяется от 2,5 до 2,1 метров с увеличением содержания диоксида углерода в сатурационном газе. Насыщение диоксидом углерода сатурационного газа негативно влияет на коэффициент его использования. С увеличением содержания CO<sub>2</sub> в газе в два раза эффективность его использования уменьшается на 25% (рис. 1).

#### ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Логвін В.М. Інтенсифікація першої сатурації // Навчальний посібник. – К., 1995. – 92 с.  
Logvin V.M. Intensifikatsiya pershoi saturatsii [Intensification of the first saturation] // Navchalnyi posibnik. – K., 1995. – 92 p.
2. Кишиневский М.Х., Армаш А.С. Экспериментальная проверка теоретических уравнений абсорбции, сопровождающихся химической реакцией // Прикладная химия, 1966. – Т. 39. – с. 1487 – 1492.  
Kishinevskiy M.H., Armash A.C. Eksperimentalnaya proverka teoreticheskikh uravneniy absorptsii, soprovozhdayushchihsia himicheskoy reaktsiyey [Experimental verification of the theoretical equations of absorption accompanied by a chemical reaction] // Prikladnaya himiya, 1966. – T. 39. – p. 1487 – 1492.

#### Iushchuk I.V., Ovcharuk V.O., Vovkodav N.I., Metlov S.G. Investigation of the influence of the diameter of the saturator for the absorption of carbon dioxide in sugar production

**Abstract.** The main task of cleaning of the crude juice by lime and kiln gas – the maximum possible removal of various nonsugar components and receive deposit with high sedimentation and filtration performance. One radical methods to improve the filtration-sedimentation properties of deposit – before carbonation treatment. Therefore, in industrial practice, especially in foreign countries, were spread purification and where to get sludge with good sedimentation, filtration properties used predefecosaturation or previous defecation in combination with predefecosaturation. As a result of macromolecular substances and substance coagulated colloidal dispersion with simultaneous dehydration and adsorbed on the surface of the formed crystals of calcium carbonate. The Department of Computer Science (NUFT, Kyiv) work on optimization calculation process equipment intended for the absorption of carbon dioxide with calcium hydroxide to neutralize cleansing crude juice in sugar production. For this purpose was developed a mathematical model calculation process carbonation. The first carbonation of calcium carbonate with the forming of deposit required for its isolation sedimentation and filtration properties. Resulted in a determination that the theoretical size saturator lower than those devices that are used in the sugar factories and varies from 2,5 to 2,1 meters with increasing content of carbon dioxide gas in carbonation. Saturation with carbon dioxide gas carbonation negative impact on rate of its use. With the increase of CO<sub>2</sub> in the gas twice the efficiency of its use is reduced by 25%.

**Keywords:** optimization of calculation, purifying crude juice, sugar production.