

РАСЧЕТ РАСХОДА САТУРАЦИОННОГО ГАЗА НА I САТУРАЦИЮ

Л. Г. БЕЛОСТОЦКИЙ, К. Д. СКОРИК

ВНИИСП

И. Б. ПЕТРИЧЕНКО, А. Б. ПЕТРИЧЕНКО

КТИПП

Расчет расхода газа на сатурацию необходим для проектирования сатураторов, определения производительности, подбора газовых насосов и трубопроводов в промышленных условиях, а также при решении ряда специальных вопросов, связанных с разработкой новых эффективных конструкций аппаратов I сатурации, например определение соотношения расходов газ – сок, гидродинамических условий и др.

В работе [1] рассмотрены основные факторы, влияющие на расход газа. Однако приведенные данные по расходу сатурационного газа недостаточны для получения точных значений во всем диапазоне изменения параметров. Кроме того, необходимо учитывать температуру и давление сатурационного газа в случае применения измерителей расхода. В связи с этим проведен расчет и разработана номограмма для оперативного определения расхода сатурационного газа.

Расход сатурационного газа на I сатурацию в зависимости от производительности завода, расхода извести, содержания диоксида углерода в газе и коэффициента утилизации рассчитывается следующим образом.

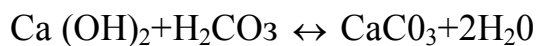
Расход извести G_1 , т/ч, на очистку сока составляет:

$$G_1 = \frac{N \cdot b}{24 \cdot 100}, \quad (1)$$

где N – производительность завода, т свеклы в сутки;

b – расход извести, % CaO к массе свеклы.

Расход чистого диоксида углерода G_2 на I сатурацию при полной утилизации определяется из уравнения



и по закону Авогадро, $\text{нм}^3/\text{ч}$, равен:

$$G_1 = \frac{N \cdot b \cdot 22,4 \cdot 10^3}{24 \cdot 100 \cdot 56}$$

Поскольку на I сатурации нейтрализуется не все количество гидроксида кальция, поступившее на станцию очистки сока, то в формуле (2) величина b должна быть скорректирована следующим образом. При работе станции очистки по схеме с возвратом нормально отгазованного сока на преддефекацию (рис. 1) количество сока на выходе из аппарата I сатурации

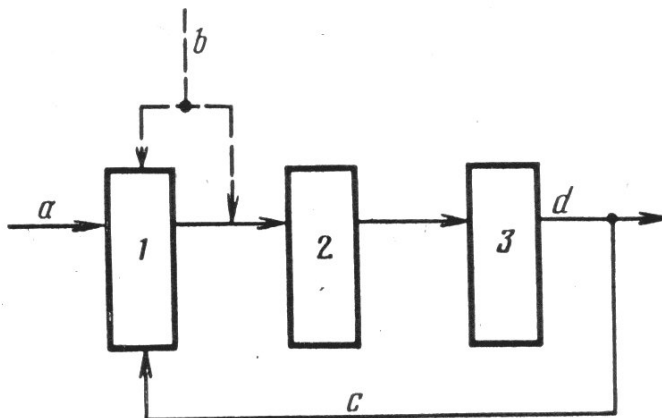


Рис. 1. Блок-схема участка станции очистки сока:
1 – предварительная дефекация; 2 – основная дефекация;
3 – I сатурация

$$d = a + c + 5b, \quad (3)$$

где a – откачка диффузионного сока, % к массе свеклы;

c – количество возврата на преддефекацию сока I сатурации, % к массе свеклы;

$5b$ – количество известкового молока с плотностью 1,19 [2].

В заводских условиях щелочность нефильтрованного сока I сатурации b'_1 можно определить при титровании пробы по фенолфталеину в процентах к объему сока [3]. Так как в формуле (2) расход извести выражен в процентах к массе свеклы, то величину b'_1 необходимо пересчитать по формуле

$$b_1 = \frac{d}{100\rho} \cdot b'_1 \quad (4)$$

где b_1 – количество извести в соке I сатурации, % СаО к массе свеклы;

ρ – плотность нефильтрованного сока I сатурации, г/см³.

Полученное значение b_1 вычитают из общего расхода извести на очистку b в формуле (2):

$$G_2 = \frac{N(b - b_1) \cdot 22,4 \cdot 10}{24 \cdot 56}, \quad (5)$$

Поскольку на практике сатурация не проводится чистым диоксидом углерода, то расход сатурационного газа

$$G_3 = \frac{N(b - b_1) \cdot 22,4 \cdot 100 \cdot 10}{24 \cdot 56 \cdot \gamma}, \quad (6)$$

где γ – содержание диоксида углерода в сатурационном газе, % об.

Аналогично учитывается и влияние коэффициента использования диоксида углерода при конкретном аппаратурном оформлении процесса I сатурации:

$$G_4 = \frac{N(b - b_1) \cdot 22,4 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 10}{24 \cdot 56 \cdot \gamma K}, \quad (7)$$

где K – коэффициент использования диоксида углерода, %.

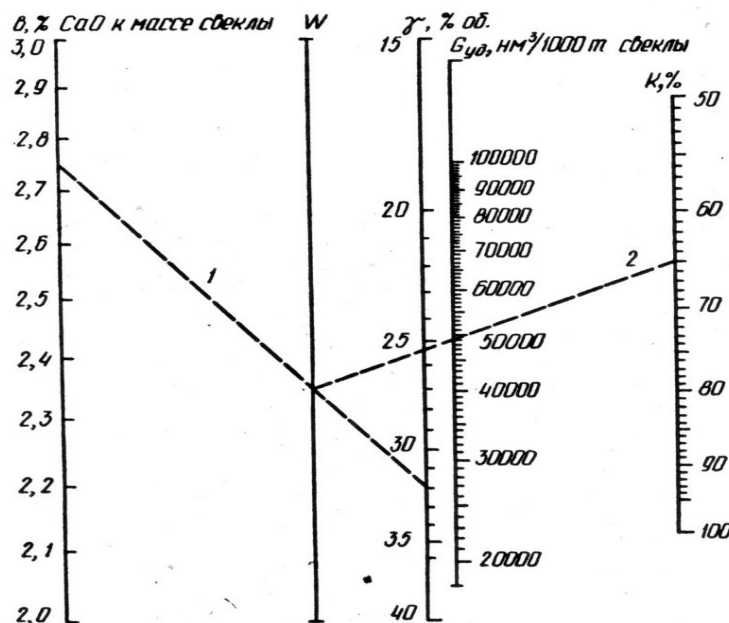


Рис. 2. Номограмма для определения расхода сатурационного газа на I сатурацию

После упрощений формула для расчета расхода насыщенного газа, $\text{нм}^3/\text{ч}$, принимает вид

$$G = 1667 \frac{N(b - b_1)}{\gamma \cdot K}. \quad (8)$$

На практике целесообразно определять удельный расход насыщенного газа при нормальных условиях, нм^3 на 1000 т перерабатываемой свеклы:

$$G_{\text{уд}} = 4,0 \cdot 10^7 \frac{(b - b_1)}{\gamma \cdot K}. \quad (9)$$

По формуле (9) проведены расчеты и построена комбинированная номограмма из выравненных точек с логарифмическими шкалами [4] для определения расхода газа на I сатурацию в зависимости от изменения параметров (рис. 2). Номограмма построена при $b_1 = 0,2 \%$ в массе свеклы. Пользуются ею следующим образом. Накладывают линейку сначала на пару параллельных шкал: «расход извести на очистку сока, b »; содержание диоксида углерода в насыщенном газе, γ ». На промежуточной шкале W делают отметку, и полученную точку вторым наложением линейки соединяют со шкалой «коэффициент утилизации диоксида углерода, K ». На результирующей шкале получают искомый результат.

Пример. Расход извести на очистку $b = 2,75 \%$ CaO к массе свеклы. Содержание диоксида углерода в насыщенном газе $\gamma = 32 \%$ об. Коэффициент утилизации диоксида углерода $K = 65 \%$. Расход насыщенного газа на 1000 т свеклы по формуле (9) равен 49038 нм^3 . По номограмме $G_{\text{уд}} = 49000 \text{ нм}^3$.

В случае, когда измеряется расход насыщенного газа на аппарат I сатурации, расходомер работает под давлением ρ_1 и газ имеет температуру T_1 , К, показания приводят к нормальным условиям по известной формуле:

$$G_0 = G_1 \frac{\rho_1 T}{\rho T_1} \quad (10)$$

где G_1 – показания расходомера;

ρ и T – соответственно давление и температура газа при нормальных условиях.

Соотношение газ – сок φ в аппарате I сатурации рассчитывается следующим образом. Расход сока на аппарат, м³/ч:

$$G_c = \frac{Nd}{24 \cdot 100 \cdot 1,08}, \quad (11)$$

где d – из формулы (3);

1,08 – плотность сока основной дефекации.

Разделив уравнение (8) на уравнение (11), получим выражение для расчета соотношения газ – сок:

$$\varphi = \frac{G}{G_c} = 4,32 \cdot 10^6 \frac{(b - b_1)}{\gamma K d}, \quad (12)$$

Эту формулу (как тождественную) можно использовать для вычислений объема сатурационного газа, подаваемого в аппарат I сатурации на 1 м³ дефекованного сока

Представляет интерес проанализировать несколько подробнее влияние факторов на соотношение газ – сок с точки зрения снижения потерь тепла с отработавшим газом. В процессе сатурации сатурационный газ нагревается до температуры, близкой к температуре сока в аппарате, и увлажняется парами. Хотя объем отработавшего газа меньше объема подводимого, однако энтальпия его значительно выше, что обусловлено выделением тепла реакции (около 2085 кДж/кг СаО) и теплообменом с соком. Обычно температура сока на I сатурации снижается на 4 К [5].

Снижение потерь тепла с отработавшим сатурационным газом может быть достигнуто при повышении содержания CO_2 в сатурационном газе; повышении коэффициента использования CO_2 на сатурации; понижении температуры процесса сатурации; понижении расхода извести на очистку сока.

На рис. 3 и 4 приведены зависимости соотношения газ – сок от содержания CO_2 в сатурационном газе и коэффициента использования соответственно при различном расходе извести на очистку. Видно, что существенно большие резервы по снижению φ имеются при повышении коэффициента утилизации. Так, при расходе извести 2,5 % СаО к массе свеклы и содержании CO_2 $\gamma=32$ %

об. повышение коэффициента утилизации на каждые 10 % позволяет уменьшить φ , а следовательно, и объем подаваемого газа в 1,1 – 1,2 раза.

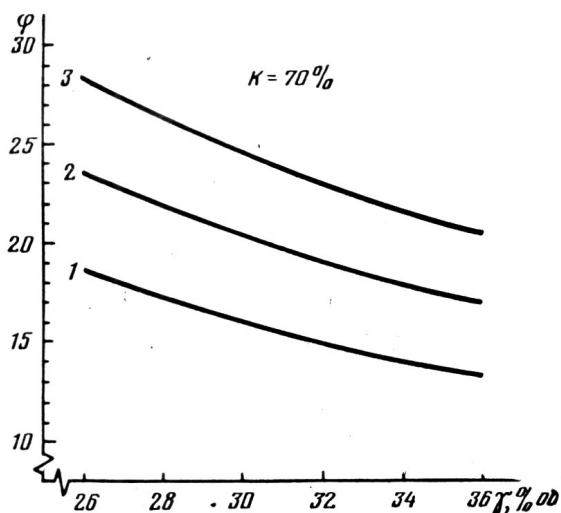


Рис. 3. Зависимость соотношения расходов газ — сок φ на I сатурации от содержания диоксида углерода в поступающем газе при расходе извести, % CaO к массе свеклы: 1 — 2,0; 2 — 2,5; 3 — 3,0

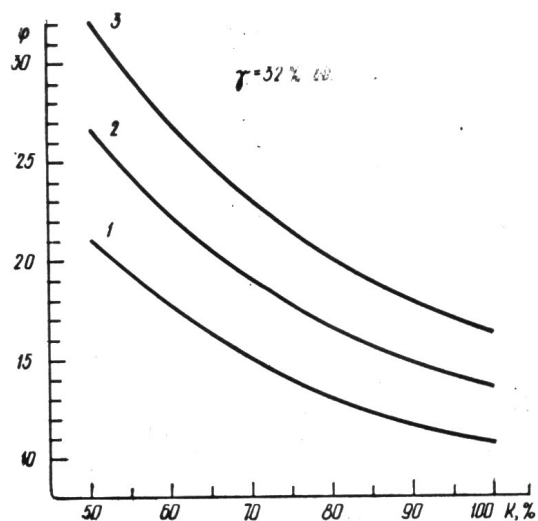


Рис. 4. Зависимость соотношения расходов газ — сок φ на I сатурации от коэффициента утилизации при расходе извести, % CaO к массе свеклы: 1 — 2,0; 2 — 2,5; 3 — 3,0

В то же время повышение содержания диоксида углерода в газе ограничено по верхнему уровню требованиями нормальной работы известково-газовой печи. Таким образом, разработка эффективных аппаратов I сатурации, обеспечивающих наряду с хорошей адсорбцией несахаров и седиментационно-фильтрационными показателями сока также и высокий коэффициент утилизации диоксида углерода, позволит внести определенный вклад в экономию топливно-энергетических ресурсов при производстве сахара.

Список использованной литературы

1. Гончарук М. В., Меркулова З. М. Расход газа на I сатурацию. В реф. сб.: «Сахарная промышленность», М., ЦНИИТЭИпищепром, 1973, вып. 10, с. 14 – 16.
2. Востоков А. И., Лепешкин И. П., Будный А. В. Расчет технической мощности оборудования и сооружений свеклосахарных заводов. – М.: Пищевая промышленность, 1965, с. 34.

3. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. – Киев, ВНИИСП, 1983. – 476 с.

4. Мусолин К. И. Номограммы по технологии и техническому контролю сахарного производства. – М.: Пищепромиздат, 1963. – 82 с.

5. Lekawski W., Urbaniec K. Mordernisierung der Warmewirtschaft in Zuckerfabriken. – Zuckerindustrie, 1983, 108, № 4, S. 340.