

## О рациональной форме свекловичной стружки

Ю. А. ТЕРЕНТЬЕВ, Н. Н. ПУШАНКО  
КТИПП

Технология получения сахара из свеклы требует предварительного измельчения ее корней на части, форма и размеры которых менялись на разных этапах развития промышленности.

Используя ножи различного типа, в настоящее время на всех заводах стремятся получать желобчатую или пластинчатую стружку. Высококачественной считается тонкая, упругая и прочная стружка равномерной толщины с минимальным содержанием мелких частиц. Форма поперечного сечения при этом особо не оговаривается.

Для получения диффузионного сока в сахарной промышленности более 120 лет использовали диффузионные батареи, которые не требовали новых, лучших форм поперечного сечения стружки. Желобчатая форма стружки удовлетворяла всем требованиям и поэтому глубоких исследований в этом направлении не проводили.

При выборе форм поперечного сечения стружки обычно учитывают следующие обстоятельства:

достаточную прочность стружки на разрыв, изгиб и смятие, определяемую величиной модуля упругости;

столб стружки должен иметь максимальную пористость, обеспечивая хорошую проницаемость слоя в течение всего времени экстракции;

производительность свеклорезок должна быть достаточно высокой, форма режущих кромок ножей — простой, надежной в эксплуатации и удобной для восстановления.

Ранее полагали, что желобчатая форма стружки обладает лучшими механическими свойствами, исключает слеживаемость и способствует созданию оптимальных гидродинамических условий процесса. Для получения такой стружки требуется применение ножей с режущими кромками сложного профиля и не

учитываются закономерности процесса диффузии сахара из стружки.

В результате быстрого затупления лезвий ножей в местах перегибов и наличия продольных ребер в ножах некоторых типов желобчатая стружка получается с многочисленными трещинами. Механические свойства такой стружки невысоки. При воздействии на нее даже незначительных нагрузок, сопутствующих процессу экстракции в диффузионных установках, она непрерывно дробится, ухудшая фильтрационную способность слоя и замедляя скорость экстракции.

К сожалению, пока нет надежного способа получения стружки строго определенной формы. Из-за свободного перемещения корней при их измельчении в свеклорезках, получить однообразную стружку заданной формы не представляется возможным. Практически только около половины ее оказывается желобчатой или пластинчатой. Остальная часть имеет самые разнообразные формы поперечного сечения.

Постоянное повышение количества свеклы, убранный свеклокомбайнами без ручной доочистки, дальнейшая механизация погрузочно-разгрузочных работ приводят к увеличению количества поврежденной свеклы. Из такого сырья трудно получить однородную желобчатую стружку и значительно легче — пластинчатую. Качество пластинчатой стружки, получаемой ножами любого типа, всегда выше качества желобчатой.

Экспериментально установлено [1], что при работе на пластинчатой стружке качественные показатели работы диффузионных батарей значительно выше, однако при получении такой стружки с помощью кровлеобразных ножей (системы Чижека или кенигсфельдских) на 30% снижается производительность свеклорезок, а стружка неоднородна по форме поперечного сечения и с большим количеством брака.

Из-за этих недостатков пластинчатая стружка не нашла широкого распространения в промышленности. Даже с появлением диффузионных аппаратов непрерывного действия, для которых, как правило, способность стружки к слеживанию не имеет решающего значения, по традиции получали стружку желобчатой формы.

В последнее время выполнен ряд теоретических и экспериментальных исследований процесса резания сахарной свеклы, созданы опытные образцы свеклорезок, снабженных ножевыми рамами новой конструкции, обнаружено влияние формы стружки на показатели работы диффузионных аппаратов С-17 [2, 3, 4, 5].

Результаты сравнительных исследований [4] и опыт работы Новокубанского сахарного завода на стружке в форме пластин [5] показали, что аппараты С-17, работающие на стружке в виде пластин, имеют лучшие показатели по сравнению с показателями работы таких же аппаратов, работающих на желобчатой стружке. С точки зрения установившихся представлений о процессе экстракции сахара из свеклы, полученные данные являются неожиданными. Но следует учитывать, что эти результаты относятся к аппаратам С-17, определяются конструкцией их транспортного устройства и не могут распространяться на диффузионные установки других систем.

Из сказанного следует, что до сих пор нет твердого мнения об оптимальной форме свекловичной стружки, обеспечивающей высокую производительность свеклорезок и диффузионных аппаратов, удовлетворяющей условиям механической прочности и большей пористости слоя.

Рассмотрим вопрос о влиянии формы поперечного сечения стружки на скорость ее обессахаривания.

Кинетика экстракции сахара из свекловичной стружки описывается, как известно [6], сложной экспоненциальной зависимостью вида:

$$\frac{C - C_p}{C_0 - C_p} = \sum_{i=1}^{\infty} A_i \exp(-m_i \tau), \quad (4)$$

где  $C$  — концентрация сахара в любой момент времени  $\tau$  в заданной точке стружки;

$C_0$  — начальная концентрация сахара в стружке;

$C_p$  — концентрация сахара в раствори- теле;

$A_i$  — постоянная величина, зависящая от начального распределения концентрации в стружке;

$u$  — некоторая функция координат рассматриваемой точки;

$m_i$  — ряд положительных чисел, значения которых не зависят ни от времени, ни от координат рассматриваемой точки.

По истечении достаточно большого отрезка времени ( $F_0 > 0,4$ ) от начала процесса ряд (4) очень быстро сходится и можно ограничиться только первым членом ряда, достаточно точно описывающим регулярный режим первого рода:

$$\frac{C - C_p}{C_0 - C_p} = A u \exp(-m \tau). \quad (2)$$

Как видно из уравнения (2), интенсивность процесса экстракции определяется показателем экспоненты  $m$  — темпом регулярного режима.

В работе Г. М. Кондратьева [7] показано, что  $m$  определяется физическими свойствами материала (в данном случае — коэффициентом диффузии сахара в свекле —  $D$ ), коэффициентом массоотдачи —  $\beta$  и геометрическими размерами частиц.

Коэффициент диффузии  $D$  зависит от качества свеклы, температуры процесса и не зависит от геометрии стружки. Влияние коэффициента массоотдачи  $\beta$  на  $m$  графически показано на рис. 1 и имеет асимптотический характер. Подробный анализ влияния  $D$  и  $\beta$  на  $m$  не входит в задачу данной статьи. Заметим только, что с ростом  $\beta$ ,  $m$  возрастает до некоторого предела  $m_{\infty}$  (при  $Bi > 100$ ). Дальнейшее увеличение  $\beta$  не влияет на  $m$ , т. е. величина  $m_{\infty}$  зависит только от геометрии тела и коэффициента диффузии сахара в свекле.

Проанализируем изменение величины  $m_{\infty}$  для стружки прямоугольного сечения с различным соотношением сторон  $\epsilon = \frac{a}{b}$ .

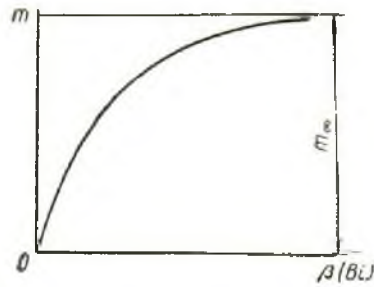


Рис. 1. Влияние коэффициента массоотдачи  $\beta$  на интенсивность процесса экстракции.

Для бесконечного стержня прямоугольного сечения  $m_\infty$  определяется по формуле:

$$m_\infty = \pi^2 D \left( \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right), \quad (3)$$

или с учетом  $\varepsilon$ :

$$m_\infty = D \frac{1}{a^2} \pi^2 (\varepsilon^2 + 1), \quad (4)$$

Уравнение (4) раздельно показывает влияние на  $m_\infty$  физических свойств стружки — коэффициент  $D$ , ее размеров  $\left( \frac{1}{R^2} = \frac{4}{a^2} \right)$  и формы поперечного сечения стружки — комплекс

$$\mu^2 = \left( \frac{\pi}{2} \right)^2 (\varepsilon^2 + 1).$$

Изменяя соотношение сторон прямоугольного сечения стружки, можно проанализировать влияние конфигурации сечения стружки от неограниченной пластины ( $\varepsilon=0$ ), толщиной  $a/2$ , до квадрата ( $\varepsilon=1$ ) со стороной  $a/2$ .

Расчетная кривая (рис. 2) показывает относительный характер изменения фактора формы стружки  $\psi = \mu^2/\mu_n^2$  при различном соотношении сторон  $\varepsilon$  прямоугольного сечения стружки. В качестве базовой величины принято значение комплекса  $\mu_n^2$  для стружки квадратного сечения. Кривая 1 показывает, что фактор формы стружки является наибольшим для квадратного сечения ее ( $\varepsilon=1$ ) и при переходе к неограниченной пластине ( $\varepsilon=0$ ) уменьшается вдвое. Поскольку при больших  $\beta$  темп экстракции линейно зависит от фактора формы  $\mu^2$  стружки, то следует ожидать аналогичного влияния конфигурации стружки на  $m_\infty$ .

С целью экспериментальной проверки полученных результатов на лабораторной установке [8] проводили экстракцию сахара из идентичной свекловичной стружки прямоугольного сечения с различным соотношением сторон. В стадии регулярного режима ( $F_0 > 0,4$ ) фиксировался темп экстракции  $m$ . Результаты опытов приведены в таблице.

Экспериментальная кривая 2 (рис. 2) подтверждает, что максимальный темп экстракции наблюдается для стружки квадратного сечения и демонстрирует еще большее влияние формы стружки на скорость экстракции. Это объясняется тем, что при переходе от стружки квадратного сечения к неограниченной пластине (пласту) значительно ухудшается гидродинамическая обстановка в слое стружки, уменьшается коэффициент массоотдачи  $\beta$ . При этом темп  $m$  удаляется от своего асимптотического значения  $m_\infty$  (см. рис. 1).

Описанный метод анализа можно распространить не только на стружку прямоугольного сечения с различным соотношением сторон, но и на тела произвольной конфигурации и по величине  $\mu^2$  сравнивать их экстракционную способность. В этом случае линейному размеру  $R$  тела необходимо придать строго определенный смысл.

Вывод о том, что квадратная форма поперечного сечения стружки наиболее выгодна, важен тем, что позволяет эксплуатационникам и конструкторам целенаправленно со-

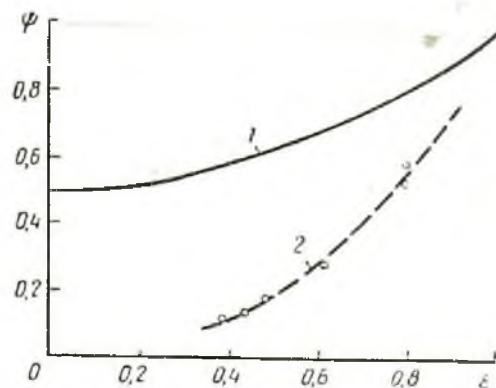


Рис. 2. Влияние конфигурации сечения стружки от неограниченной пластины: 1 — расчетная кривая; 2 — экспериментальная кривая.

Номер опыта	Сечение стружки, мм	$\varepsilon$	$m, 1/ч$	$\frac{ma^2}{D}$	$\psi = \frac{ma^2}{m_k a_k^2}$
1	1,50×3,90	0,384	1,45	0,89	0,100
2	1,71×3,88	0,440	1,50	1,21	0,135
3	1,89×3,88	0,487	1,60	1,57	0,175
4	2,41×3,90	0,617	1,58	2,52	0,281
5	2,41×3,90	0,617	1,58	2,52	0,281
6	3,10×3,88	0,799	1,82	5,39	0,535
7	3,10×3,88	0,799	2,00	6,80	0,588

вершенствовать методы получения высококачественной стружки, упростить конструкцию диффузионных ножей, облегчать способы их изготовления и восстановления. Переход на стружку квадратного сечения позволит улучшить показатели работы диффузионных установок различных систем.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шеванди Д. К. Об улучшении качества свекловичной стружки.— «Сахарная промышленность», 1950, № 2, с. 20.
2. Щеголев В. Н., Погорелова Н. В. Оптимизация технологического режима работы свеклорезок.— «Сахарная промышленность», 1973, № 5, с. 35.
3. Масликов В. А., Бледнов Ю. Г. Влияние формы стружки на показатели

работы диффузионного аппарата С-17.— «Сахарная промышленность», 1971, № 8, с. 18.

4. Исследование работы диффузионного аппарата С-17 на пластинах свеклы.— «Сахарная промышленность», 1970, № 7, с. 17. Авт.: Э. В. Островский, И. И. Левин, М. Р. Азрилевич, С. М. Гребенюк, А. Ф. Березовский.

5. Опыт работы Новокубанского сахарного завода на стружке в форме пластины.— «Сахарная промышленность», 1971, № 10, с. 11. Авт.: Н. Ф. Березовский, П. М. Новиков, В. С. Ткаченко, В. А. Масликов, Ю. Г. Бледнов.

6. Лыков А. В., Михайлов Ю. М. Теория тепло- и массопереноса. М., Госэнергоиздат, 1963, с. 344.

7. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим. М., Госиздат, 1954.

8. Пушанко Н. Н., Лысянский В. М. Исследование кинетики обессахаривания слоя свекловичной стружки. «Известия вузов СССР. Пищевая технология», 1967, № 3, с. 122.