

УДК 664.123.4

Н. Н. ПУШАНКО, Б. Д. КОВАЛЕНКО, кандидаты техн. наук

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ЭКСТРАГЕНТА ЧЕРЕЗ СЛОЙ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ

В работе представлены результаты экспериментальных исследований неустановившегося процесса фильтрации экстрагента через слой свекловичной стружки, ограничиваемый стенками стеклянной трубы диаметром 0,15 м. Установка [1] обеспечивала термостатирование экстрагента, ступенчато изменялась его концентрация, измерялась пористость слоя по его высоте и определялось количество фильтрующегося экстрагента. В установке моделировался процесс фильтрации, подобный процессу в диффузионных установках оросительного типа (3, 4).

Результаты ранее проведенных экспериментальных исследований [2] обобщены в виде критериальной зависимости

$$E_n = 125 Re^{-0.45} No^{0.45}, \quad (1)$$

где E_n , Re и No — числа Эйлера, Рейнольдса и гомохронности соответственно.

Полученная зависимость [1] использовалась для определения поверхности фильтрующих сит в камерах ротационных аппаратов. Для описания неустановившегося процесса фильтрации по длине экстракторов оросительного типа она применяется по следующим причинам. В работе [2] фактически исследовалась фильтрация не через слой стружки, а через слой жома с неизменными во время фильтрации геометрическими параметрами слоя, так как предварительно стружка нагревалась путем пропускания через нее воды и при этом обессахаривалась. Применительно к диффузионным установкам такие условия фильтрации, с некоторым приближением, принимаются лишь по истечении 30—40 % общего времени экстрагирования, когда практически извлечено уже 60—70 % сахара. Нельзя также фильтрую-

щуюся жидкость отождествлять с водой и при обработке экспериментальных данных использовать данные по вязкости чистой воды. При прохождении слоя стружки экстракционная жидкость меняет свою температуру и плотность. Это изменяет ее вязкость — в большей степени температура и в меньшей — плотность.

С учетом изложенного производились исследования неустановившегося процесса фильтрации жидкости на экспериментальной установке по методике, описанной в работе [1], по которой условия эксперимента приближались к условиям фильтрации в промышленных диффузионных установках.

Экспериментальные данные обрабатывались с учетом вязкости экстрагента, определяемого по данным работы [5]. В таблице представлены экспериментальные и расчетные характеристики процесса неустановившейся фильтрации при среднем напоре $h = 0,765$ м с начальной высотой слоя стружки равной 1,45 м.

Показатель фильтрации	№ фильтрации						
	1	2	3	4	5	6	7
Минимальная пористость	0,430	0,388	0,310	0,280	0,216	0,216	0,214
Максимальная поверхность стружки в 1 м ² , ω, м ² /м ³	0,579	0,621	0,700	0,731	0,796	0,796	0,798
Гидравлический радиус $l \cdot 10^{-5}$ м	74,3	62,5	44,300	38,3	27,1	28,1	26,8
Средняя скорость фильтрации $v \cdot 10^{-2}$ м/с	1,68	1,54	1,298	1,196	1,004	0,961	0,952
Действительная скорость фильтрации $v \cdot 10^{-2}$ м/с	3,92	4,56	4,19	4,27	4,65	4,45	4,45
Время фильтрации τ, с	45	36	52	71	79	93	93
Кинематическая вязкость $\nu \cdot 10^6$ м ² /с	1,521	1,112	0,891	0,860	0,653	0,648	0,637
$Eu = gh/v_0^2$	4883	2570	3357	4123	3474	3790	3790
$Re = v_0 l / \nu$	19,1	25,6	20,8	18,9	19,3	18,6	18,7
$No = v_0 \tau / l$	2374	3025	5517	7916	13555	15271	15442

Количество циклов фильтраций в каждом опыте ограничивалось тем моментом, когда при последующей фильтрации основные геометрические параметры оставались практически неизменными. Как правило, это составляло 6—8 циклов фильтраций в каждом опыте.

Результаты обработки графически представлены на рис. 1, 2 и обобщены зависимостью

$$Eu = 7,65 \cdot 10^3 Re No^{0.19}. \quad (2)$$

Коэффициент корреляции зависимости $r = 0,874$. Анализ результатов исследований показывает, что процесс неустановившейся фильтрации, при проведении эксперимента, характеризуется числами Рейнольдса в пределах 15—35. Эти значения выше их критического значения 4—12, характеризующего переход от ламинарного режима движения жидкости к турбулентному при фильтрации через слой пористой среды.

Следовательно, режим движения экстракционной жидкости при ее фильтрации через слой свекловичной стружки в диффузионных установках с периодическим орошением слоя является турбулентным. Сравнение полученных результатов с результатами работы по изучению неустойчившейся фильтрации жидкости в слое обессахаренной стружки (длина 100 г стружки 13—23 м) [2] показывает (рис. 2), что нижнее значение чисел Рейнольдса фильтрационного потока ($Re_{min} = 17-19$) выше, чем при фильтрации через слой более тонкой стружки ($Re_{min} = 2-3$), т. е. турбулентность имеет более ярко

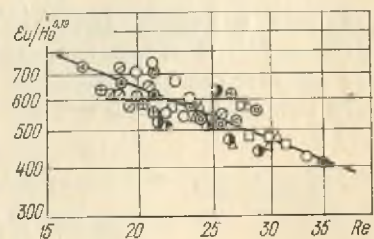


Рис. 1. Закономерность неустойчившейся фильтрации в слое свекловичной стружки (длина 100 г стружки 7—9 м):

○=0,765; ●=0,538; ○=0,360;
 ⊙=0,345; ⊕=0,830; △=0,540;
 □=0,540; ⊖=расчетные точки.

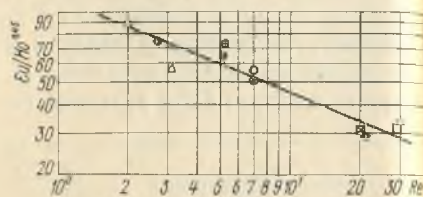


Рис. 2. Закономерность неустойчившейся фильтрации в слое свекловичной стружки (длина 100 г стружки 13—23 м):

⊙, △=0,40; ▲, ○, □=0,80; ⊕, ⊖=1,45;
 ⊖, ⊙, ●=1,92.

выраженный характер. В то же время верхние границы изменения чисел Рейнольдса в обоих случаях примерно равны $Re_{max} = 30-35$.

Полученное уравнение [2] может быть использовано для выбора оптимальных параметров проведения процесса экстрагирования в эксплуатируемых диффузионных установках карусельного типа, исходя из условий фильтрации, а также при расчете этих параметров для проектируемых установок такого типа.

Например, необходимо определить максимально возможную начальную высоту слоя стружки, загружаемого на первый участок диффузионной установки оросительного типа, исходя из условий предотвращения переноса сока слоем стружки с последующего участка на предыдущий. Записав уравнение (2) в развернутом виде $\frac{gh_0}{2v^2} = 7650 \frac{v^{-0,81} I^{-0,81}}{v^{-0,81}} \frac{v^{0,19} \tau^{0,19}}{I^{0,19}} = 7650 \frac{v^{0,81} \tau^{0,19}}{v^{0,82} I}$ и решив его относительно h_0 , получаем

$$h_0 = \frac{v^{1,38} v^{0,81} \tau^{0,19}}{I g} \quad (3)$$

Для проведенных опытов действительная скорость фильтрации на первом участке (первая фильтрация каждого опыта составляет примерно $5 \cdot 10^{-2}$ м/с, гидравлический радиус — $85 \cdot 10^{-6}$ м, а вязкость экстракционной жидкости — $1,5 \cdot 10^{-6}$ м²/с [5]. Зада-

вшись общим временем экстрагирования, равным 70 мин (по технологии), время фильтрации берем равным 3 мин, из условия пребывания слоя стружки на участке диффузионной установки оросительного типа. Подставив эти данные в уравнение [3], получаем

$$h_0 = \frac{(5 \cdot 10^{-2})^{1,38} (1,5 \cdot 10^{-6})^{0,81} (180)^{0,19}}{85 \cdot 10^{-6} \cdot 79,81} = 1,51 \text{ м.}$$

Таким образом, при заданном качестве стружки и указанных параметрах слоя, имеющих место в приведенных опытах, максимальная высота слоя стружки, загружаемого в диффузионную установку карусельного типа, не должна превышать 1,5 м. В другом случае, при проектировании новых диффузионных установок оросительного типа, задаваясь максимальной высотой слоя стружки из конструктивных соображений и имея данные по вязкости сока и скорости фильтрации, можно определить необходимое время фильтрации. Имея необходимое время фильтрации и задавшись общим временем пребывания слоя стружки на всех участках по технологии (время экстрагирования), можно определить длину одного участка диффузионной установки, т. е. расстояния между сокосливными желобами.

Использование полученных результатов для практических целей дает возможность оптимизировать работу действующих диффузионных установок оросительного типа и обоснованно их проектировать.

Список литературы

1. Коваленко Б. Д. Исследование тепло-массообмена в диффузионных установках и разработка эффективного аппаратного оформления процесса экстракции сахара из свеклы: Автореф. дис... канд. техн. наук. — Киев, 1978. — 22 с.
1. Коваль Е. Т., Загорулько А. Я., Липец А. А. Исследование фильтрации экстракционной жидкости в слое свекловичной стружки применительно к ротационным диффузорам. — Тр. Центр. науч.-исслед. ин-та сах. пром-сти, 1958, вып. 7, с. 103—123.
3. Пушанко Н. Н., Коваленко Б. Д., Дмитраш А. С. Диффузионная установка карусельного типа. — Сахар. пром-сть, 1978, № 6, с. 19—22.
4. Пушанко Н. Н., Коваленко Б. Д. Экстрактор многократного орошения карусельного типа и пути интенсификации процесса экстракции. — В кн.: Тез. докл. Всесоюз. конф. по экстракции. Рига: Зинатне, 1977, с. 40—43.
5. Пушанко Н. Н., Лебедев Ю. В. Вязкость диффузионного сока. — Изв. вузов. Пищ. технология, 1981, № 5, с. 107—109.

Поступила в редколлегию 31.03.83*