

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ПИЩЕВАЯ  
ТЕХНОЛОГИЯ

Отдельный оттиск

Fertman, G. I.; Gorinstein Sh.B. 1969.  
Investigation of the process of beer filtration.  
Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii,  
Pishchevaya Tekhnologiya, 2, 145-147.

663.4:641.12

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ПИВА

Г. И. ФЕРТМАН, Ш. Б. ГОРИНШТЕИН

Всесоюзный заочный институт пищевой промышленности

При оценке качества фильтрующего материала наибольшее значение имеет его фильтрующая и адсорбционная способность, которая зависит от содержания воскообразных веществ, пектата кальция, зольности и внутреннего строения волокна линта хлопкового [1]. Адсорбционную способность определяли по методу де-Клерка, фильтрующую — в заводских условиях путем фильтрации пива на 48-рамном фильтре.

Представляло интерес выявить оптимальную скорость фильтрации воды и пива при употреблении разных материалов. Исследовали массы, изготовленные из линта и пуха хлопкового двенадцати заводов: Нукусского и Ходжейлинского Кара-Калпакской АССР (образец I); Ханкинского Хорезмской области (II); Бухарского, Хайрабадского и Келесского (III); Манитского Аму-Дарьинской области (IV); Ленинабадского (V); линта Евлахского Азербайджанской ССР (VI); пуха Евлахского Азербайджанской ССР (VII); смеси линта и пуха Евлахского (VIII); Душанбинского (IX); Термезского (X). Контрольной была фильтрационная масса Кинешемского производства, изготовленная из сырья Душанбинского хлопкозавода. Наилучший — образец VIII: содержание воскообразных веществ 0,2%; зольность 0,4% (на абсолютно сухое вещество); адсорбционная способность — 6% мутности стандартного раствора. Применяли также фильтркартон (образец ФI), изготовленный из 40% линта, 53% пуха и 7% хризотилового асбеста, и ахалцихский диатомит (ДИ). Скорость фильтрации пива определяли на лабораторной установке, состоящей из воронки Бюхнера, водоструйного насоса и вакуумметра. Раствор поступал на фильтр из расположенного выше

сосуда через сифон с зажимом при постоянных уровнях жидкости в воронке и разрежении. Объем  $V$ , м<sup>3</sup>, прошедшей жидкости определяли мерным цилиндром, а продолжительность фильтрации  $\tau$ , сек, — секундомером.

Зависимость  $\tau$  для воды различных образцов фильтрационных масс от  $V$  дана на рис. 1. Максимальное значение  $\tau$  получено при использовании образца VIII, наименьшее — образца IX.

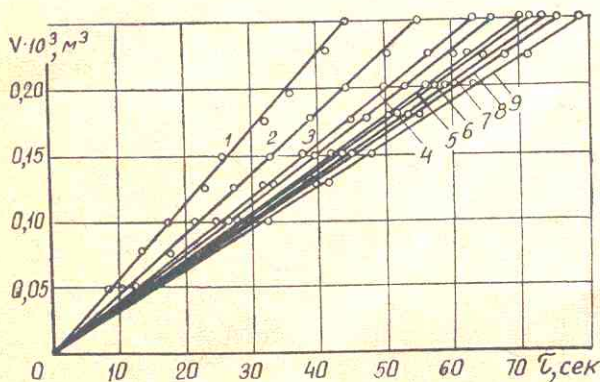


Рис. 1. 1 — 9 — соответственно при использовании образцов фильтрационных масс VIII, X, II, III, IV, контроль, V, I, IX.

Скорость фильтрации воды и пива через фильтрующие материалы и диатомит определяли по формуле:

$$C = V/F\tau \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сек}. \quad (1)$$

где  $F$  — площадь фильтрующей поверхности,  $\text{м}^2$ .

Во всех проведенных 32 опытах перепад давления  $P = 3,72 \cdot 10^4 \text{ н}/\text{м}^2$ ,  $F = 785 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ , динамическая вязкость пива  $\mu = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$ .

Данные о  $C$  пива сведены в таблицу, в которой приняты следующие обозначения:  $V_1, V_2$  — соответственно объемы отфильтрованной жидкости по времени  $\tau_1, \tau_2$ ;  $r$  — удельное сопротивление осадка,  $R$  — сопротивление фильтрующей перегородки,  $\text{м}^{-1}$ .

Таблица

Образцы материалов	$V_1 \cdot 10^{-3}$ , $V_2 \cdot 10^{-3}$ , $\text{м}^3$	$\tau_1$ , $\tau_2$ , $\text{сек}$	$C \cdot 10^{-3}$ , $\text{м}^3/\text{м}^2 \text{ сек}$	$r \cdot 10^8$ , $\text{н}/\text{м}$	$R \cdot 10^8$ , $\text{м}^{-1}$	Адсорбционная способность, % мутности стандартного раствора
VIII	0,20	46,1	0,512	12,7	469	6,0
	0,25	60,2				
ФI	0,20	51,8	0,472	15,2	508	6,6
	0,25	67,4				
IX	0,20	81,1	0,261	136	925	0,8
	0,25	124,1				
ДИ	0,20	53,2	0,459	15,2	524	6,2
	0,25	69,3				
Контроль	0,20	73,9	0,321	41,7	749	1,4
	0,25	99,6				

Наибольшая  $C$  пива получена для образца VIII, затем ФI и ДI, а наименьшая — для образца IX.

Среднее удельное сопротивление осадка  $r$  при фильтрации пива [2] вычисляли по формуле:

$$r = \frac{2dF^2P}{\mu G}, \quad (2)$$

где  $d$  — параметр, входящий в величину среднего удельного сопротивления осадка,  $\text{сек}/\text{м}^6$ ,

$$d = \frac{\tau_2 V_1 - \tau_1 V_2}{V_1 V_2 (V_2 - V_1)}; \quad (3)$$

$G$  — масса твердой фазы, отлагающейся при получении единицы объема фильтрата,  $\text{н}/\text{м}^3$ ,

$$G = G_{\text{сух}}/V. \quad (4)$$

Сопротивление фильтрующей перегородки различных образцов рассчитывали по формуле:

$$R = \frac{PF\tau}{\mu V}. \quad (5)$$

Анализ данных таблицы показывает, что наименьшим  $r$  и  $R$  при наибольшей  $C$  пива обладает образец VIII. Близки к этим величинам значения  $r$  фильтрактона  $15,2 \cdot 10^8 \text{ н}/\text{м}$  и диатомита  $15,2 \cdot 10^8 \text{ н}/\text{м}$ , а их  $R$  соответственно составляло  $508 \cdot 10^8$  и  $524 \cdot 10^8 \text{ м}^{-1}$ . Фильтрационная масса IX при наименьшей  $C$  имела наибольшее  $r$  и  $R$ .

Зависимость  $r$  (кривая 1) и  $R$  (кривая 2) от  $C$  представлена на рис. 2.

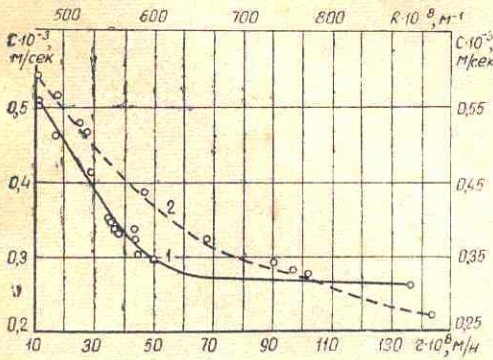


Рис. 2.

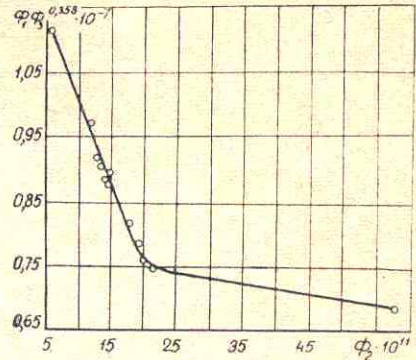


Рис. 3.

Образец VIII изготовлен из волокна лinta хлопкового, имеющего наименьшее содержание воскообразных веществ, и пектата кальция, а при электронном микроскопировании — наименьшее количество пустот, заполненных воздухом, препятствующих хорошей фильтрации.

На основании опытов, в ходе которых были определены  $P, \mu, G, r, R, V'$ , выведена критериальная зависимость, характеризующая процесс осветления пива [3]:

$$C = f(P, \mu, G, r, R, V'), \quad (6)$$

где  $V'$  — объем фильтрата, полученного с единицы фильтрующей поверхности,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ .

II-теорема Бэкингема позволила составить три безразмерных комплекса, которые являются критериями подобия фильтрации [4]:

$$\Phi_1 = \frac{C\mu}{P V'}; \quad \Phi_2 = P r V'; \quad \Phi_3 = \frac{G R (V')^2}{P}. \quad (7)$$

Критерий  $\Phi_1$  характеризует градиент скорости  $C/P$  при данной температуре,  $\Phi_2$  — структуру осадка, а  $\Phi_3$  — полное сопротивление фильтрации, отнесенное к единице вязкости.

В общем виде экспериментальная часть опытов может быть представлена:

$$\Phi_1 = f(\Phi_2, \Phi_3) \quad (8)$$

или в виде показательной функции:  $\Phi_1 = K \Phi_2^a \Phi_3^b$ . (9)

Цифровые данные опытов обработаны статистически в системе обобщенных критериальных координат.

На основании подсчетов опытных данных получены числовые значения для коэффициента  $K$  и показателей степени  $a, b$ :  $\lg K = 0,443$ ;  $K = 2,773$ ;  $a = -0,098$ ;  $b = 0,358$ . Тогда  $\Phi_1 = 2,773 \cdot \Phi_2^{-0,098} \Phi_3^{0,358}$ . Графически эта зависимость имеет вид кривой (рис. 3).

### ВЫВОДЫ

1. Максимальная скорость при постоянном давлении, зависящая от качества материала (адсорбционной и фильтрующей способности), достигается при фильтрации пива через образец массы VIII. Найденная критериальная зависимость характеризует процесс фильтрации пива через перегородку.

2. Наличие критериальной зависимости позволяет моделировать процесс и дать оценку применяемым материалам.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Горинштейн Ш. Б. Ферменты и спирт. пром-сть, № 3, 32, М., 1967.
2. Чередниченко Л. С. Изв. Киевск. политехн. ин-та, 29, 89, 1959.
3. Чередниченко Л. С. Изв. Киевск. политехн. ин-та, 28, 110, 1959.
4. Знаменский Г. М. Тр. Киевск. технол. ин-та пищ. пром-сти, вып. 6, 51, 1947.