

## ПРИМЕНЕНИЯ ФТОРОПЛАСТОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ МОЛОКА

Калюжный А.Б., доц., Козачек В.А., студент

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко)

*Определены гидравлические характеристики пористых фторопластовых материалов при фильтрации молока и рассчитан критерий Рейнольдса. Определен типоразмер фильтрующего элемента, обеспечивающий ламинарное течение молока при расходе 25 м<sup>3</sup>/ч.*

Очистка молока является неотъемлемой частью основных технологических процессов производства на молочных фермах и на предприятиях пищевой и молочной промышленности. От качества молока зависит качество изготавливаемых из него различных продуктов: масла, сливок, сыров, сметаны.

Наиболее универсальными очистителями молока являются фильтры, эффективность применения которых практически не зависит от свойств частиц загрязнений и связана исключительно с соотношением размеров частиц и пор фильтрующей перегородки. Фильтровальный материал, предназначенный для применения в процессах переработки молока, должен отвечать следующим специфическим требованиям:

- физиологическая безвредность;
- отсутствие химического и биологического взаимодействия с молочными продуктами и влияние на цвет, вкус и запах продуктов;
- устойчивость биологическая, тепловая, химическая, физико – механическая к молочным продуктам и моющим средствам в процессе эксплуатации;
- устойчивость к продуктам жизнедеятельности микроорганизмов, отсутствие питательных веществ для их размножения;
- высокая степень очистки продукта при высокой и равномерной скорости фильтрации во времени;
- быстрота, легкость мойки и стерилизации;
- гидрофобность;
- возможность многократного использования при высокой прочности и износостойкости.

В молочной промышленности при выполнении многих технологических операций в качестве фильтровальных материалов используют большое количество хлопчатобумажных тканей – бязи, марли, миткаля и др. Эти ткани обладают низкой прочностью и быстро разрушаются. Хлопчатобумажные материалы гидрофильные, что ведет к быстрому набуханию нитей при

фильтрации молока и молочных продуктов. Гидрофильность этих тканей не только замедляет процесс фильтрации и снижает производительность труда, но и приводит к потерям молочных продуктов от прилипания к фильтрующей поверхности, а также к ухудшению санитарных условий производства. В связи с этим, в последнее время на предприятиях молочной промышленности все шире применяются синтетические полимерные ткани. Фильтровальные материалы из лавсановых и полипропиленовых волокон являются гидрофобными, биологически безвредными фильтрами. Однако наблюдение за процессом практического применения полимерных тканевых материалов в качестве фильтров показали, что особенно чувствительны к механическим повреждениям в результате контакта с острыми предметами или углами отдельных деталей оборудования, что приводит к разрыву нитей, нарушению цельности сетки и быстрому выходу из строя фильтровального материала [1].

Таким образом, фильтрующие материалы из натуральных и синтетических волокон не отвечают требованиям, предъявляемым к фильтрам для переработки молока.

Поэтому исследование новых фильтровальных материалов и фильтрующих элементов на их основе, расширяющих эксплуатационные возможности фильтров – очистителей молока, является весьма актуальной задачей.

Целью настоящей работы является исследование возможности применения на маслозаводах фильтров с полимерными фильтрующими материалами на основе фторопласта-4 для фильтрования молока на линии перекачки молока из цистерн в приемную весовую ванну. Эти линии чаще всего оборудованы самовсасывающими центробежными насосами марки Г2-ОПД производительностью  $Q=25 \text{ м}^3/\text{ч}$  с давлением на входе  $P=0,2 \text{ МПа}$ .

Известно, что молоко, поступающее на предприятие молочной промышленности, чаще всего соответствуют III группе чистоты по ГОСТ 8218 – 89 [2] и содержит механические примеси (волос, частицы сена, песок) размером от 25 до 1 мкм. Исходя из этого, для исследования был выбран полимерный фильтрующий материал на основе высокопористого фторлона с толщиной фильтрации 20 мкм [3].

Для определения оптимальной скорости течения молока через полимерный фильтрующий материал была определена гидравлическая характеристика модельного полимерного фильтрующего элемента ( $\Phi=20 \text{ мм}$ ,  $h=12,6 \text{ мм}$ ). Данные по гидравлическим сопротивлениям полимерного фильтрующего материала приведены в табл. 1.

При определении гидравлической характеристики полимерного фильтрующего материала был рассчитан критерий Рейнольдса ( $Re$ )

Критерий Рейнольдса служит для характеристики гидродинамического потока фильтруемой жидкости и является мерой отношения инерционных сил и сил трения в потоке:

$$Re = \frac{V_n d_{cp} \rho_{ж}}{\mu_{ж}} \quad (1)$$

где  $V_n$  – среднепоровая скорость фильтрации, м/с;  
 $d_{cp}$  – средний диаметр пор полимерного фильтрующего материала, м;  
 $\rho_{ж}$  – плотность фильтруемой жидкости (молоко), кг/м<sup>3</sup>;  
 $\mu_{ж}$  – вязкость фильтруемой жидкости, Па с

Таблица 1. Гидравлическая характеристика полимерного фильтрующего материала с тонкостью фильтрования 20 мкм

$\Delta P \cdot 10^{-5}$ Па	Q, л/мин·см <sup>2</sup>	V, м/с	V <sub>п</sub> , м/с	Re
0,432	0,383	0,0639	0,0863	6,549
0,903	0,575	0,0959	0,1295	9,827
1,1871	0,676	0,1126	0,152	11,535
1,609	0,833	0,1388	0,1874	14,221
2,315	1,023	0,1705	0,2302	17,469
2,845	1,144	0,1907	0,2575	19,541
3,113	1,207	0,2012	0,2716	20,611
3,538	1,288	0,2147	0,2899	21,999
3,767	1,324	0,2207	0,2980	22,615

Расчет гидравлического сопротивления полимерного фильтрующего материала в критериальной форме (см. табл. 1.) свидетельствует о том, что течение молока через полимерный фильтрующий материал происходит в области ламинарного и переходного режима течения. Это позволило определить границы существования ламинарного закона течения молока через полимерный фильтрующий материал с тонкостью фильтрации 20 мкм ( $Re_{кр} = 11,535$ ).

Известно [4], что ламинарный режим является наиболее экономичным при работе фильтров, так как в данном случае затраты энергии на фильтрование жидкости прямо пропорциональны ее количеству. Поэтому при определении площади поверхности фильтрующего элемента (типоразмера полимерного фильтрующего элемента) используем ламинарный участок гидравлической характеристики (то есть область с критерием  $Re < Re_{кр}$ ).

По табл. 1. принимаем ближайшее к  $Re_{кр}$  меньшее значение критерия Рейнольдса (то есть  $Re = 9,827$ ). Этому течению соответствует удельный расход молока  $q = 0,575$  л/мин·см<sup>2</sup>) при перепаде давления на фильтрующем элементе  $\Delta P = 0,093 \cdot 10^{-5}$  Па.

По удельному расходу определяем площадь фильтрующей поверхности полимерного фильтрующего элемента:

$$S = \frac{Q}{q}, \quad (2)$$

где  $Q$  – производительность молочного насоса (416 л/мин);

$q$  – удельный расход молока через полимерный фильтрующий элемент, л/мин·см<sup>2</sup>.

Площадь фильтрующей поверхности составляет  $S = 724$  см<sup>2</sup>.

В качестве фильтрующего элемента для фильтра очистителя молока принимаем серийно выпускаемый фильтр ФЭП 120x96x250/20 мкм с фильтрующей площадью  $S = 800$  см<sup>2</sup>.

## Список литературы

1. Браницкая А.С. Полимерные фильтры в молочной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1978. 52 с.
2. ГОСТ 8218-89 Молоко. Метод определения чистоты.
3. ТУ У 29.2-21219168-001-2002. Элементы фильтрующие полимерные с тонкостью фильтрации 20 и 5 мкм.
4. Коваленко В.П., Ильинский А.А. Основы техники очистки жидкостей от механических загрязнений. М.: Химия, 1982. 272 с.

## Анотація

### Застосування фторопластових фільтруючих матеріалів для фільтрування молока

Калюжний А.Б., Козачок В.А

*Визначені гідравлічні характеристики пористих фторопластових матеріалів при фільтрації молока і розраховано критерій Рейнольдса. Визначено типорозмір фільтруючого елемента, що забезпечує ламінарний потік молока при витраті 25 м<sup>3</sup>/ч.*

## Abstract

### Use teflon filter materials for milk filtering

A. Kalyuzhny, V. Kozachok

*Determination of the hydraulic characteristics of porous PTFE new materials for filtration of milk and calculated Reynolds criterion. Defined size filter element provides a laminar flow of milk at a flow rate of 25 m<sup>3</sup>/h*