

9. *Церевитинов, Ф. В.* Химия и товароведение свежих плодов и овощей / Ф. В. Церевитинов. — М.: Госторгиздат, 1949. — 511 с.
10. *Похлебкин, В. В.* Все о пряностях / В. В. Похлебкин. — М.: ЗАО Изд-во Центр-полиграф, 2001. — 324 с.

Рукопись статьи поступила в редакцию 01.08.2012

N. N. Petjushev, A. N. Demjanovich, L. V. Evtushevskaja, O. N. Stankevich, M. I. Kotov

RAW MATERIALS FOR MANUFACTURE OF PRODUCTS OF A FUNCTIONAL PURPOSE ON THE BASIS OF DRY MASHED POTATOES

In article the natural raw materials applied to manufacture of products of a functional purpose on the basis of dry mashed potatoes are analysed. The characteristic is given each considered component. Physical and chemical indicators of considered raw materials are resulted.

УДК 664.83

В данной статье рассмотрены теоретические основы отделения твердой фазы из суспензий путем фильтрования. Проведены исследования по определению фильтрационных характеристик картофельной мезги. Получены зависимости толщины слоя осадка мезги на фильтровальной перегородке, пористости осадка мезги, скорости фильтрования, коэффициента проницаемости осадка мезги и массовой доли сухих веществ в слое мезги на фильтрующей перегородке от давления фильтрования.

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРТОФЕЛЬНОЙ МЕЗГИ

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Беларусь**

*З. В. Ловкис, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор,
генеральный директор;*

М. П. Шабета, главный специалист отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов;

*А. В. Куликов, кандидат технических наук, заместитель начальника отдела технологий
продукции из корнеклубнеплодов — старший научный сотрудник*

Разделение технологических суспензий на промышленных предприятиях часто связано со значительными экономическими затратами.

Процесс разделения суспензий с использованием пористых перегородок, которые задерживают твердую фазу суспензии и пропускают ее жидкую часть, называют фильтрованием. Фильтрование зачастую дает такой качественный эффект разделения, какой трудно достигнуть другим способом.

Эффективность процесса фильтрования зависит от многих факторов, к которым в первую очередь следует отнести:

- ♦ концентрацию твердой фазы в суспензии;
- ♦ размер частиц твердой фазы;
- ♦ структуру осадка, образующегося на фильтровальной перегородке (кристаллический, аморфный);
- ♦ выбранный способ создания перепада давлений над и под фильтровальной перегородкой (при постоянной разности давлений, постоянной скорости фильтрования, переменных разностях давлений и скорости фильтрования);

- ♦ интервал рабочего перепада давлений;
- ♦ выбранный метод фильтрования (с образованием осадка, с закупориванием пор);
- ♦ динамическую вязкость жидкой фазы и др. [1].

Существующие закономерности фильтрования, как правило, основаны на классической теории перемещения жидкости в капиллярной системе фильтрующей перегородки и отфильтровываемого осадка, при этом и фильтрующая перегородка, и осадок рассматриваются практически как несжимаемые структуры, имеющие постоянный удельный объем и пористость по мере накопления осадка и его сжатия.

Задачей проведенных исследований было выявить на примере обезвоживания картофельной мезги методом фильтрования степень соответствия режимов фильтрования через фильтры с эластичным органическим осадком основам фильтрования через кристаллические структуры осадков, на которых обоснованы существующие закономерности фильтрования, а также изучить фильтрационные характеристики твердой фазы картофельной мезги.

В соответствии с теорией фильтрования по Плаксину [2] скорость фильтрования определяют из выражения:

$$v = \frac{Q}{\tau \cdot F}, \text{ м/с.} \quad (1)$$

где Q — объем отфильтрованной жидкости, м^3 ; τ — продолжительность фильтрования, с; F — площадь поверхности фильтрования, м^2 .

Согласно решениям уравнений Навье-Стокса, составляющие средней скорости движения жидкости в капиллярах фильтровальной перегородки в проекциях на ось «х» и «у» в декартовой системе координат определяются из:

$$v_x = -\frac{h^2}{3\mu} \cdot \frac{dP}{d_x}, \quad (2)$$

$$v_y = -\frac{h^2}{3\mu} \cdot \frac{dP}{d_y}, \quad (3)$$

где h — расстояние между стенками капилляра, м; P — давление фильтрации, Па; μ — динамическая вязкость, Па·с.

Согласно уравнению Пуазейля, скорость перемещения жидкости в единичном капилляре округлой формы (скорость фильтрования, м/с) определяется из:

$$v = -\frac{d^2}{32\mu} \cdot \frac{\Delta p}{L_n}, \quad (4)$$

где d — диаметр поры, м; L_n — средняя длина пор в пористом материале толщиной Δx , м.

Из уравнений (2)–(4) следует, что в обоих решениях скорость фильтрования прямо пропорциональна давлению над фильтровальной перегородкой и квадрату расстояния между противоположными стенками в капилляре, обратно пропорциональна толщине перегородки и динамической вязкости фильтруемой жидкости.

Движущей силой процесса является перепад давлений $\sum(\Delta p)$ над и за фильтровальной перегородкой:

$$\sum(\Delta p) = \Delta p + \rho \cdot g \cdot h, \quad (5)$$

где Δp — статическое давление, создаваемое механизмом подачи жидкости на фильтрацию, Па; $\rho \cdot g \cdot h$ — пьезометрическое давление жидкости на фильтровальную перегородку, Па; ρ — плотность фильтруемой жидкости, кг/м^3 ; g — ускорение силы земного притяжения, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$; h — высота столба жидкости над фильтровальной перегородкой, м.

Для реальных фильтров при значительной высоте столба жидкости h значение второго члена правой части уравнения (5) может быть существенным. При исследованиях, где величина h не превышает нескольких сантиметров, значение данного члена уравнения очень мало и в даль-

нейшем не принимается в расчет, а в качестве Δp рассматривается только статическое давление механизма подачи суспензии над фильтровальной перегородкой.

Если принять, что на единице поверхности площади фильтрующего материала располагается n ($1/\text{м}^2$) пор, площадь поперечного сечения каждой из которых равна $\pi \cdot d^2/4$, то объемный расход жидкости Q ($\text{м}^3/\text{с}$) через фильтр площадью F (м^2) составит:

$$Q = v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n \cdot F. \quad (6)$$

Подставив из уравнения (4) в уравнение (6) значение v будем иметь:

$$Q = \frac{2,45 \cdot 10^{-2} \cdot F \cdot n \cdot d^4}{L_n \cdot \mu} \cdot \Delta p. \quad (7)$$

В данном уравнении присутствуют величины d , n , L_n , которые на практике определить не представляется возможным.

Французский инженер-исследователь Дарси путем обобщения экспериментальных данных о гидравлическом сопротивлении пористых тел, в частности несжимаемых грунтов, получил зависимость для скорости фильтрования через пористые несжимаемые фильтры:

$$v = \frac{d^2}{\lambda \cdot \mu} \cdot \frac{\Delta p}{L}, \quad (8)$$

где λ — коэффициент пропорциональности, в законе Дарси называется коэффициентом сопротивления фильтра, или коэффициентом сопротивления Дарси.

Для тонкостенных фильтровальных перегородок среднюю длину пор принято отождествлять с толщиной фильтровальной перегородки и, следовательно, дальше:

$$L = \Delta x.$$

Используя уравнение Дарси (8) расход жидкости через фильтр, состоящий из чистой пористой перегородки, можно представить в виде:

$$Q = F \cdot v = \frac{F \cdot d_n^2}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{\lambda_n \cdot \Delta x_n}, \quad (9)$$

где λ_n — коэффициент сопротивления фильтровальной перегородки; Δx_n — толщина фильтровальной перегородки.

Анализ уравнения (9) показывает, что при увеличении коэффициента сопротивления фильтра для обеспечения одной и той же производительности Q требуется увеличить давление над фильтровальной перегородкой.

Для процесса фильтрования жидкости через фильтровальную перегородку с несжимаемым осадком уравнение (9) примет вид:

$$Q = F \cdot v = \frac{F \cdot d^2}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{(\lambda_n \cdot \Delta x_n + \lambda_o \cdot \Delta x_o)}, \quad (10)$$

где λ_o — коэффициент сопротивления фильтрованию осадка; Δx_o — толщина слоя осадка на фильтре, м.

В последней формуле отражено, что осадок и фильтрующий материал образуют последовательно соединенные сопротивления движению жидкости, т. е.:

$$(\lambda \cdot \Delta x) \Sigma = \lambda_n \cdot \Delta x_n + \lambda_o \cdot \Delta x_o.$$

При $\lambda_o \gg \lambda_n$ и $\Delta x_o \gg \Delta x_n$ произведением $\lambda_n \cdot \Delta x_n$ можно пренебречь и тогда выражение (10) можно представить:

$$Q = \frac{F \cdot d^2}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{\lambda_o \cdot \Delta x_o}. \quad (11)$$

Выразив из уравнения (11):

$$\frac{d^2}{\lambda_0} = k, \quad (12)$$

получим уравнение закона Дарси для грунтов, когда фильтрующий слой является одновременно и фильтровальной перегородкой и осадком.

$$Q = \frac{k \cdot F \cdot \Delta p}{\mu \cdot \Delta x}, \quad (13)$$

где k — коэффициент фильтрации, характеризующий фильтровальную среду и жидкость одновременно (зависит от размера частиц их формы, шероховатости, пористости среды, вязкости фильтруемой жидкости).

Здесь еще раз следует заострить внимание на том, что уравнение закона Дарси разработано для грунтов, имеющих несжимаемый осадок, а в качестве фильтруемой жидкости в разработанной закономерности предусматривается рассматривать воду [4].

Все последующие исследования закономерностей фильтрования в рамках применимости закона Дарси, как правило, сводятся к рассмотрению взаимосвязи характеристик фильтровальной среды (фильтровальной перегородки с осадком) и свойств текущих через нее жидкостей.

Согласно уравнению Козени-Кармана [3]:

$$k = \frac{\varepsilon^3}{c \cdot S^2}, \quad (14)$$

где ε — пористость среды; c — константа формы пор; S — удельная поверхность среды.

Приравнявая уравнения (12) и (14) имеем:

$$\frac{d^2}{\lambda} = \frac{\varepsilon^3}{c \cdot S^2},$$

откуда:

$$\lambda = \frac{d^2 \cdot c \cdot S^2}{\varepsilon^3}. \quad (15)$$

Уравнение (15) показывает, что коэффициент сопротивления фильтра (фильтрующей перегородки с осадком или осадка без учета фильтрующей перегородки) обратно пропорционален кубу коэффициента пористости фильтровальной перегородки, т. е. чем ниже пористость, тем выше в кубической зависимости коэффициент сопротивления фильтра.

Исходя из уравнения (13), имеем:

$$k = \frac{Q \cdot \mu \cdot \Delta x}{F \cdot \Delta p}. \quad (16)$$

Размерность коэффициента фильтрации k в системе СИ выражается в м^2 .

За единицу коэффициента фильтрации принята единица Дарси (Д; D; d) [5]. Это внесистемная единица, характеризующая проницаемость пористых сред. Она связана с несколькими системами измерений и выражает проницаемость такой пористой среды, при фильтровании через образец которой площадью 1 см^2 и толщиной 1 см при перепаде давления $\Delta p / \Delta x$ в 1 кгс/см расход жидкости с вязкостью 1 сП составляет $1 \text{ см}^3/\text{с}$.

После подстановки в выражение (14) значений:

$$Q = 1 \text{ см}^3/\text{с} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$\Delta x = 1 \text{ см} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м};$$

$$\mu = 1 \text{ сП} = 1,0 \text{ мПа} \cdot \text{с} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$F = 1 \text{ см}^2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$\Delta p = 1 \text{ кгс/см}^2 = 0,980655 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Получим: $1 \text{ д} = 1,019716 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2 = 1,019716 \text{ мкм}^2$.

Промышленный опыт работы и описанные результаты исследований показывают, что в зависимости от природы твердой фракции, осаждаемой на фильтровальной перегородке, осадки могут быть несжимаемыми, частично сжимаемыми и сжимаемыми.

Сжатие осадка снижает его пористость и увеличивает его сопротивление фильтрованию. При отфильтровывании сжимаемого осадка на реальном фильтре, снабженном фильтровальной перегородкой, в соответствии с выражением (10) сопротивление фильтра зависит от d , λ_n , Δx_n , λ_o , Δx_o , которые в свою очередь в процессе фильтрования в меньшей или большей степени изменяются за счет изменения перепада давлений Δp .

В общем случае зависимость сопротивления фильтрованию сжимаемого осадка от перепада давления может выражаться формулой:

$$\lambda_o = \lambda_o \cdot (\Delta p)^\zeta, \quad (17)$$

где λ_o — сопротивление осадка при Δp близких к 0; ζ — экспериментально определяемая постоянная, безразмерная величина, индивидуальная для каждого осадка, с интервалом существования ζ — (0–1).

При $\zeta = 0$ осадок несжимаем, его сопротивление фильтрованию не изменяется с изменением перепада давления Δp .

При $\zeta = 1$ давление на фильтре не влияет на выход фильтрата, так как сопротивление осадка при этом пропорционально возрастает.

Для определения конкретных фильтрационных характеристик твердой фазы жидкой картофельной мезги были проведены исследования по изучению структуры осадка мезги, коэффициента проницаемости и скорости фильтрования через слой осадка мезги в интервале давлений 0–1,2 бар, 0–1,22 кгс/см², 0–1,2×10⁵ Па.

Исследования проводили на автоматической фильтрационной установке «AutoFilt» (Германия). Для исследований использовали жидкую картофельную мезгу крахмального завода ОАО «Новая Друть». Предварительно перед исследованиями жидкую мезгу подвергали отстаиванию и доводили до массовой доли сухих веществ в мезге $СВ_{\text{вех}} = 5,8 \%$.

В качестве фильтрующей перегородки использовали синтетическую фильтроткань толщиной 0,5 мм с очень низким показателем сжимаемости (менее 5 %).

При проведении исследований был сделан ряд допущений.

1. В соответствии с уравнением (10) на основании того, что $\lambda_o \gg \lambda_n$ и $\Delta x_o \gg \Delta x_n$ при определении объемного выхода фильтрата Q и коэффициента проницаемости мезги k произведением $\lambda_n \cdot \Delta x_n$ пренебрегли, хотя его влияние косвенно в незначительной степени отразилось в значении коэффициента k .

2. Значение массовой доли сухих веществ в соковой воде ($СВ_{\text{со}}$) составляло 0,4 %. Плотность $\rho_{\text{со}}$ составляла 1,001 г/см³. Как показали исследования, твердая составляющая жидкой картофельной мезги частично тонет, частично всплывает на поверхность жидкой мезги, что свидетельствует о ее средней плотности, близкой к 1.

В связи с изложенным было принято допущение, что плотность твердой части в жидкой мезге: $\rho_{\text{твм}} = \rho_{\text{со}} = \rho_{\text{водм}} = 1$.

Это позволило при очень небольших погрешностях значительно упростить расчеты за счет идентификации значений массы и объема этих компонентов.

3. В связи с тем, что высота столба фильтруемой мезги в экспериментальном стакане имела максимальное значение 5,8 см (58 мм), что составляло около 0,5 % от внешнего давления фильтрования, значение пьезометрического давления в расчете влияния давления на фильтрационные характеристики мезги не учитывалось.

4. Поскольку пространство под фильтрующей перегородкой свободно сообщалось с атмосферным давлением в процессе всего периода исследований, перепад давления Δp был равен внешнему давлению фильтрования, создаваемому компрессором и задаваемому на фильтрационной установке.

Использованный метод определения фильтрационных характеристик осадка жидкой картофельной мезги предусматривает следующую последовательность проведения исследований.

1. Исходную мезгу с соответствующими ей показателями в количестве $m_{исх}$ загружали в экспериментальный стакан установки «AutoFilt», герметически закрывали стакан и автоматически мгновенно создавали над объемом мезги требуемое давление воздуха в интервале значений 0–1,2 бар через каждые 0,2 бар. Образцы мезги выдерживали под заданным давлением Δp_i до тех пор, пока из образца не прекращала выделяться соковая вода.

2. При каждом конкретном значении давления Δp_i с помощью мерного цилиндра определяли количество отфильтрованной соковой воды из мезги $m_{со}$ от $m_{со0}$ до $m_{соi}$.

3. По разнице $(m_{исх} - m_{соi}) = m_{м_i}$ определяли остаточное количество мезги в экспериментальном стакане после i -ого фильтрования под i -ым Δp_i .

4. По количеству $m_{м_i}$ определяли толщину слоя мезги Δx_i в стакане после i -го фильтрования под i -ым Δp_i по формуле:

$$\Delta x_i = \frac{V_{м_i}}{F_{ст}} = \frac{m_{м_i}}{F_{ст}}.$$

5. На основании уравнения баланса сухих веществ в исходной мезге по уравнению

$$m_{тв.м} = \frac{m_{м.исх} (CB_{исх} - CB_{со})}{100 - CB_{со}} \quad (18)$$

определили массу твердых компонентов в жидкой мезге. Для всех значений Δp_i при одинаковом значении $m_{исх}$ количество твердых компонентов мезги в фильтруемом образце оставалось постоянным $m_{тв.м} = const$.

6. Исходя из определения «Пористость осадка — это безразмерная величина, характеризующая отношение объема пор к объему твердой фракции осадка» по формуле

$$\varepsilon_i = \frac{m_{м_i} - m_{тв.м}}{m_{тв.м}} \quad (19)$$

определяли пористость для каждого значения Δp_i .

7. На осадки мезги, полученные в стакане при каждом значении давления Δp_i и имеющие приобретенные значения Δx_i и ε_i , наливали одинаковое количество чистой воды при температуре +20 °С в объеме $V_{в}$ и при этом же давлении Δp_i определяли продолжительность фильтрования данного объема воды, получая значения продолжительности фильтрования от $\tau_{ф0}$ до $\tau_{фi}$.

8. По формуле

$$Q = \frac{V_{в}}{\tau_{фi}} \quad (20)$$

определяли объемный расход воды через фильтр (через слой осадка с фильтровальной перегородкой) площадью F , равной площади стакана F_c .

9. По формуле

$$v_{фi} = \frac{Q_i}{F_c} \quad (21)$$

определяли скорость фильтрования.

10. По формуле

$$k_i = \frac{Q_i \cdot \mu \cdot \Delta x_i}{F_c \cdot \Delta p_i} \quad (22)$$

выполнив все подстановки значений величин в системе СИ, определяли коэффициент фильтрации (коэффициент проницаемости) мезги в м² для каждого Δp_i .

11. Выполнив пересчет путем деления полученных значений k_i на коэффициент 1,019716, получили значения k_i в единицах Дарси.

На рис. 1–5 представлены графические зависимости показателей, характеризующих фильтрационные свойства картофельной мезги от давления фильтрации Δp .

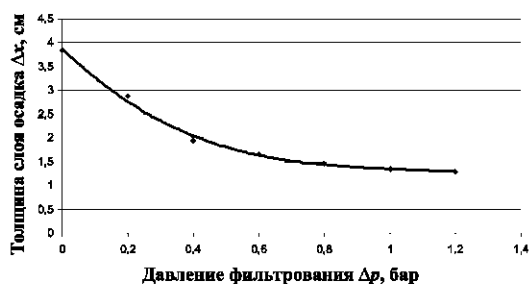


Рис. 1. Зависимость толщины слоя осадка мезги Δx на фильтровальной перегородке от давления фильтрации

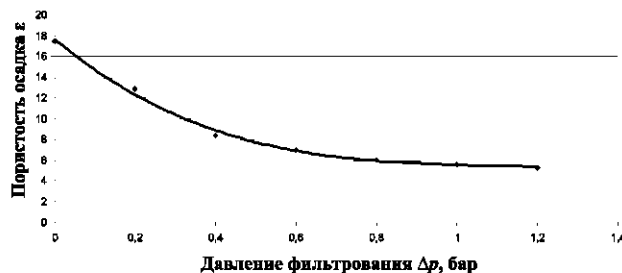


Рис. 2. Зависимость пористости осадка мезги ϵ на фильтровальной перегородке от давления фильтрации



Рис. 3. Зависимость объемного расхода жидкости (воды) Q через слой осадка площадью 78 см² от давления фильтрации, при котором сформирован осадок

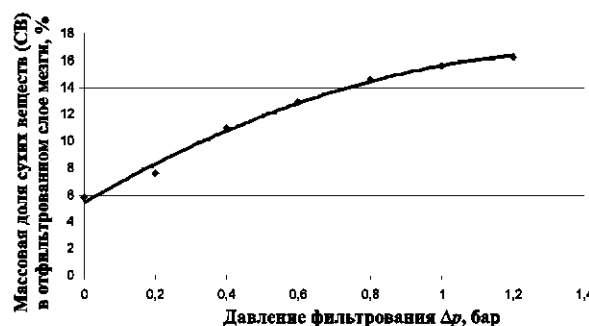


Рис. 4. Зависимость массовой доли сухих веществ в слое мезги на фильтровальной перегородке от давления фильтрации

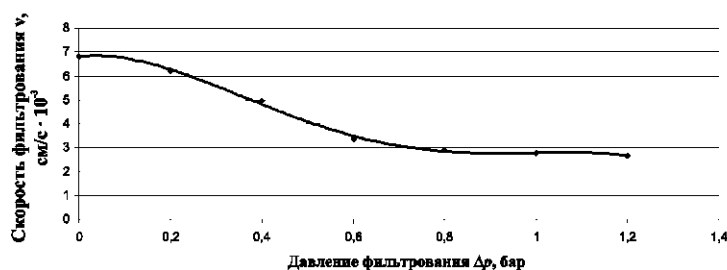


Рис. 5. Зависимость скорости фильтрации через осадок на фильтровальной перегородке от давления фильтрации

Зависимость коэффициента проницаемости осадка мезги на фильтрующей перегородке от давления фильтрации представлена в следующей табл.

Коэффициент проницаемости $K \cdot 10^3$, ед. Дарси	Давление фильтрации p , бар
433	0
168	0,2
23	0,4
9,2	0,6
5,3	0,8
3,8	1,0
2,8	1,2

Анализируя цифровые значения исследований, таблицу и полученные кривые, представленные на рис. 1–5, можно сделать следующие выводы.

1. Осадок, полученный при выделении плотной фракции картофельной мезги путем фильтрования, является сжимаемым. Так, при повышении давления фильтрования над осадком до $1,2 \times 10^5$ Па объем осадка уменьшается более чем на 65 % (рис. 1), при этом его пористость уменьшается до 70 % (рис. 2).

2. Объемный расход жидкости (воды) Q , отфильтровываемый через осадки мезги, сформированные при различных давлениях фильтрования Δp , падает по мере увеличения давления, асимптотически приближаясь к некоторому значению Q , близкому к величине $Q = (2,5 - 2,6) \cdot 10^{-3}$ см³/с через площадь фильтрации 1 см². То есть, процесс фильтрования переходит в режим, когда объемный расход жидкости через фильтр и скорость фильтрования стремятся к некоторым постоянным значениям за счет изменения фильтрационных характеристик осадка независимо от увеличения перепада давления фильтрования Δp (рис. 3, 5). Это указывает на то, что изменение сопротивления фильтрованию осадка картофельной мезги подчиняется закону, представленному формулой (17), при этом показатель степени ζ достигает значения 1 при давлениях Δp , близких к $(1,3 - 1,4) \times 10^5$ Па. Данный результат исследований означает, что выделение плотной фракции мезги методом фильтрования целесообразно вести при давлении фильтрования не более $(1,2 - 1,4) \times 10^5$ Па до толщины осадка на фильтровальной перегородке 1–1,2 см, поскольку увеличение давления не дает увеличения объемного выхода отфильтровываемой жидкости, а фильтрование с увеличением толщины слоя осадка ведет к снижению выхода фильтрата и скорости фильтрования.

3. Коэффициент проницаемости осадка, образуемого плотной фракцией картофельной мезги, наиболее чувствителен к давлению, при котором формируется осадок и протекает процесс фильтрования (см. табл.). Кратность его снижения в интервале перепада давлений 0 – $1,2 \times 10^5$ Па достигает 60.

4. Оптимальной массовой долей сухих веществ в осадке твердой фракции картофельной мезги, полученной путем фильтрования, можно считать 15–17 % (рис. 4).

На основании результатов проведенных исследований и учитывая то, что ценным компонентом картофельной мезги является ее твердая фракция, для конкретных условий обезвоживания жидкой картофельной мезги методом фильтрования можно рекомендовать:

- ♦ использовать непрерывный процесс вакуумного фильтрования с отделением осадка мезги с поверхности вакуум-фильтра или осуществлять процесс фильтрования на саморазгружающихся камерных фильтр-прессах;
- ♦ вести процесс фильтрования при давлениях, не превышающих значения $(1,3 - 1,4) \times 10^5$ Па до толщины слоя осадка на фильтровальной перегородке 1,5 см.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касаткин, А. Г. Процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. — М.: Химия, 1971.
2. Плаксин, Ю. М. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, В. А. Ларин. — М.: Колос, 2007.
3. Бабеншиев, С. П. Моделирование мембранных процессов жидких систем / С. П. Бабеншиев, П. С. Чернов, Д. С. Мамай // Научный журнал Куб ГАУ. — 2012. — № 76 (02).
4. Закон Дарси [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.frutmrut.ru/zakon-filtracii-darsi/>
5. Деньгуб, В. М. Единицы величин (словарь-справочник) / В. М. Деньгуб, В. Г. Смирнов. — М.: Издательство стандартов, 1990.

Рукопись статьи поступила в редакцию 01.08.2012

Z. V. Lovkis, M. P. Shabeta, A. V. Kulikou

FILTRATIONAL CHARACTERISTICS POTATO PULP

In given article theoretical bases of branch of a firm phase from suspensions by filtering are considered. Researches by definition of filtration characteristics potato pulp are carried out. Dependences of a thickness of a layer of a deposit pulp on a filtering partition, porosity of a deposit pulp, speeds of filtering, factor of permeability of a deposit pulp and a mass fraction of solids in a layer pulp on a filtering partition from pressure of filtering are received.

УДК 663.52

Для оценки процесса смешивания в аппарате с механическим перемешивающим устройством применена теория подобия. Критерии подобия процесса смешивания определены методом анализа размерностей. Для определения критерия подобия выявлены основные параметры, влияющие на проведение процесса смешивания дробленого зерна с водой. Получена физическая закономерность величин, представляющая собой функциональные зависимости между основными параметрами, характеризующими исследуемое явление. Определено значение экспериментального критерия подобия, который позволяет моделировать процесс смешивания с учетом конструктивных и технологических параметров смесителя.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ ПОДОБИЯ ПРОЦЕССА
СМЕШИВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЖИДКОСТЬЮ**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Беларусь

А. В. Садовская, аспирант

Смешивание многокомпонентных материалов является одним из процессов, построенных на основании экспериментальных данных. Смесительное оборудование совершенствуется опытным путем с использованием эмпирических данных. Трудность выбора типа смесителя и режимов его работы обусловлено многообразием физических и химических свойств смешиваемых компонентов и получаемой смеси, а также отсутствием теории процесса смешивания сыпучих и жидких материалов и методики определения качества полученной смеси [1]. Для оценки процесса смешивания в аппарате с механическим перемешивающим устройством широкое применение нашла теория подобия. При испытаниях модели оборудования необходимо определить критерии подобия физических величин, которые влияют на конструктивные параметры и режимы работы аппарата. Критерии подобия процесса смешивания могут быть определены методом анализа размерностей. В процессе проектирования нового оборудования используются ранее полученная информация и опыт работы. Однако, в некоторых случаях новое оборудование, отличающееся по конструктивным параметрам от ранее применяемых, требует дополнительных исследований с целью обоснования конструктивных параметров.

В технике находит широкое применение метод подобия физических процессов и систем. В тех случаях, когда математическое решение задачи затруднено или невозможно, необходимым является обращение к экспериментальному исследованию на моделях с последующим перерасчетом полученных результатов на натуру, которая явилась прототипом модели. При этом модель и натура должны находиться между собой в отношениях подобия [2].

Исследование на моделях позволяет ускорить или замедлить процессы, которые в натуральных условиях развиваются со скоростью, затрудняющую вести наблюдение. При проведении экс-