

УДК 665.1 – 665.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТЖИМА МЕЗГИ МАСЛИЧНЫХ СЕМЯН В ШНЕКОВЫХ ПРЕССАХ

Ткаченко В.А., к.т.н.,

Дидур В.А., д.т.н.,

Ткаченко А.В., к.т.н.,

Дидур В.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 44-02-74

Аннотация – Разработана математическая модель процесса консолидации мезги из семян масличных культур в шнековых прессах, учитывающая одновременно протекание двух процессов – прессования «скелета» мезги и фильтрации масла через слой этого «скелета». Получено уравнение консолидации мезги, позволяющее определить гидродинамическое давление в поровой жидкости, и уравнение фильтрации масла с учётом непрерывного уменьшения пористости мезги.

Ключевые слова – математическая модель, консолидация, фильтрация, гидродинамическое давление, мезга, шнековый пресс.

Постановка проблемы. Поднимаемой в данной работе проблемой является обоснование технологических режимов и основных параметров шнековых прессов для переработки семян масличных культур, обеспечивающих заданные качественные показатели растительных масел и жмыхов, и снижение потерь масла в жмыхе конечного прессования.

Эффект отжима определяется многочисленными факторами, которые можно разделить на две группы [1]. Первая группа: структурно-механические свойства, внешняя и внутренняя структура отжимаемого материала. Эти свойства определяются подготовкой материала к прессованию.

Вторая группа: условия проведения самого отжима. Эти условия должны благоприятствовать отжиму наибольшего количества масла и сохранению его нативных свойств. Неправильное прессование может значительно обесценить тщательную подготовку материала к прессованию из-за неиспользования оптимальных его свойств. Важными условиями отжима являются величина прилагаемого давления, скорость

его повышения в ходе отжима, толщина слоя отжимаемого материала, продолжительность отжима. Прессование мезги, приготовленной различными способами, может протекать по-разному в зависимости от её структурно-механических свойств.

При отжиме растительных масел одновременно протекают два физических процесса: прессование пористого «скелета» мезги и фильтрация масла через слой этого скелета.

Основными рабочими органами шнекового пресса есть зерный барабан со шнековым валом, собранным из отдельных витков (шнечков), насаженных на общий вал (рис. 1). Шнековый вал установлен в зерном барабане. Благодаря уменьшению объёма витка материал, находящийся в нём подвергается сжатию. Под воздействием возникающего давления масло отжимается из мезги и вытекает через зазоры в зерном барабане. Жмых выталкивается из зеера и при выходе встречает сопротивление управляемое регулировочным устройством. В связи с этим технологические режимы и конструктивные параметры должны устанавливаться с учётом производительности шнекового пресса, обрабатываемой культуры, её масличности, места процесса отжима в технологической цепочке переработки семян и масличности жмыха на выходе из пресса. Решение этой задачи должно быть основано на теории трёхмерной консолидации обрабатываемого сырья с учётом реологических свойств «скелета» мезги. При этом ползучесть «скелета» мезги и фильтрационное движение масла происходят одновременно.

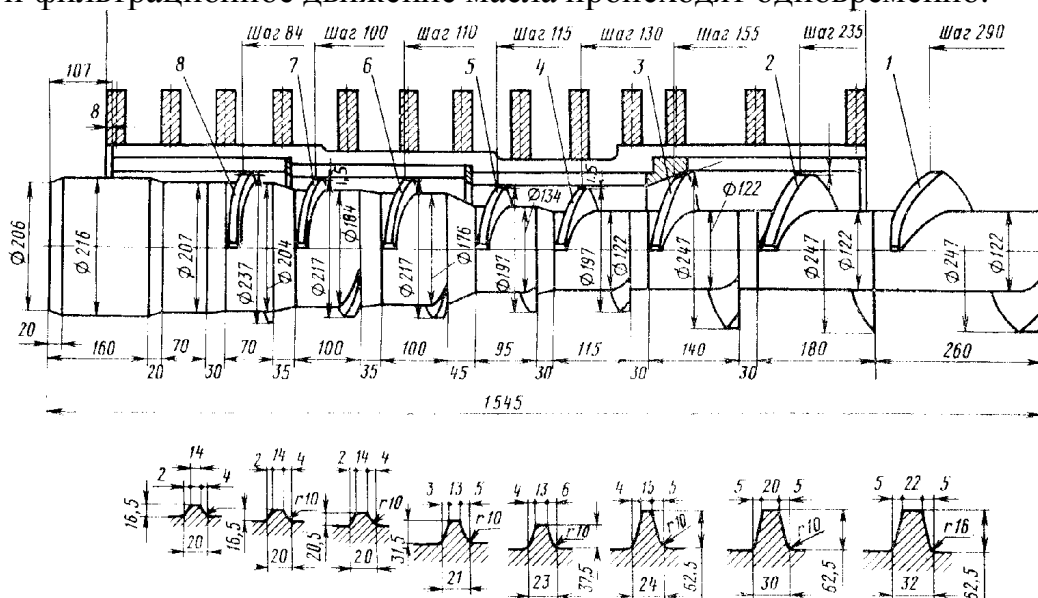


Рис. 1. Шнековый вал пресса типа ФП:
1 – приёмный виток; 2 – 8 – прессующие витки.

В результате должны быть обоснованы рациональный закон консолидации в каждом витке, количество шнечков на валу пресса и требования к подготовке мезги при влаготепловой обработке мятки.

Анализ последних исследований. При моделировании процесса фильтрации масла обычно рассматривается как несжимаемая ньютоновская жидкость с незначительной вязкостью. При этом скелет считается неподвижным, пористость материала в течение процесса фильтрации принимается неизменной [1,2].

Однако, процесс отжима растительных масел в шнековом прессе сопровождается взаимным перемещением скелета мезги и масла, и непрерывным уменьшением пористости мезги. Пористость уменьшается до тех пор, пока сжавшийся скелет не уравновесит своим сопротивлением сжимающее давление. В прессуемой массе имеет место две системы давления: нейтральное и эффективное, а их сумма составляет полное давление. Нейтральное давление определяется напором фильтруемого масла, эффективное давление воспринимается скелетом мезги. Описание гидродинамического давления и скоростей жидкости (масла), заполняющей поры скелета мезги в рабочем пространстве зерновой камеры шнекового пресса является основной задачей рассматриваемого процесса консолидации.

Формулировка целей статьи. Целью данной работы является обоснование рациональных режимов и основных параметров оборудования для переработки семян масличных культур прессованием обеспечивающих эффективность технологического процесса. Инструментом для определения рациональных технологических режимов и параметров должна стать разрабатываемая математическая модель.

Основная часть. За рабочую гипотезу принято положение, что повышение качественных показателей масла и снижение его потерь в жмыхе можно достичь путём рациональной влаготепловой обработки, обеспечивающей снижения связи масла с гелевой частью и подготовки рационального сочетания пластичности и упругости структуры и обоснованию режимов консолидации мезги при прохождении через витки шнекового пресса в зерновой камере.

При деформировании мезги семян масличных культур в шнековом прессе необходимо учитывать следующие основные особенности:

1. При перемещении в шнековом прессе под действием внешних и внутренних сил «скелет» мезги изменяет объём и форму. Сопротивление изменению формы происходит за счёт работы вязких и хрупких связей в мезге. Количественное соотношение вязких и хрупких связей отражается на характере деформирования (ползучести) «скелета» мезги.

2. Количество отжатого масла пропорционально степени сжатия мезги в каждом витке пресса. Мезга содержит достаточное количество свободного незащемлённого воздуха, непосредственно сообщающегося с внешней атмосферой. Масло не воспринимает касательных напряжений, вязкость учитывается в неявном виде величиной коэффициента фильтрации.

3. В процессе консолидации происходит изменение количественного соотношения фаз мезги в единице объёма. От длины пути, по которому перемещаются фазы мезги, зависит интенсивность процесса консолидации.

4. При работе шнекового пресса принимаем с достаточной степенью точности процесс консолидации установившимся, т.е. в каждой точке рабочей зоны шнекового вала скорость массы, давление, степень сжатия принимаем постоянными, не зависящими от времени. Деформирование при перемещении квазидвухфазной мезги включает два процесса, протекающих одновременно: процесс формоизменения «скелета» мезги и процесс взаимного перемещения фаз относительно друг друга.

5. Частью напряжения, определяемого фильтрационными силами, которые обусловлены собственным весом масла и граничными значениями напоров пренебрегаем. Остаётся часть напряжений, определяемая внешними нагрузками. Собственным весом скелета также пренебрегаем.

Для математического описания процессов консолидации квазидвухфазной мезги в соответствии с требованиями обобщённой модели Флорина – Био, необходимо задать [2]:

- реологические уравнения состояния фаз мезги.
- характер взаимодействия фаз.
- изменение соотношения фаз в единице объёма.

Рассмотрим последовательно эти условия.

Закономерностями деформирования мезги являются зависимости, характеризующие объёмное изменение и формоизменение «скелета», а также зависимость изменения плотности внутрипоровой жидкости (масла) от действия объёмного давления.

Экспериментальное определение коэффициентов уравнений состояния «скелета» основывается на исключении влияния внутрипоровой жидкости на деформирование мезги в целом. Последнее достигается удалением масла из пор скелета мезги и дальнейшим исследованием деформационных свойств, которые будут характеризоваться лишь сопротивляемостью межструктурных связей внешнему воздействию. Таким образом, за скелет мезги условно можно принять жмых, получаемый из мезги конечным прессованием.

Экспериментальные исследования, проведенные В.А. Масликовым [3], позволили установить зависимость удельного давления от степени сжатия при различной температуре и влажности подсолнечной мезги. Однако при рассмотрении уплотнения скелета обрабатываемого материала нарастание ползучих деформаций целесообразно описать зависимостью, характеризующей изменение коэффициента пористости материала [4] от удельного давления.

Коэффициент пористости определяется как отношение объёма пор к объёму твёрдой фазы «скелета» материала (мезги)

$$\varepsilon = \frac{V_{\Pi}}{V_{\Gamma}}, \quad (1)$$

где V_{Π}, V_{Δ} - соответственно объём пор и объём твердой фазы.

Если принять, что объём твердой фазы мезги V_{Δ} равен объёму мезги после выхода из последнего витка пресса V_n , т.е. $V_n = V_{\Delta}$, то объём пор в k -ом витке $V_{\Pi} = V_k - V_n$. V_k - объём мезги в k -ом витке. Причём объём пор $V_{\Pi} = V_{\text{св}} + V_{\text{з}} - V_n$ где $V_{\text{св}}$ - объём свободного воздуха, соединённого с атмосферой, возможно часть из него заземлённая, т.е. не связанная с атмосферой. $V_{\text{з}}$ - объём занимаемый маслом, заполняющим поры скелета.

Статистическая обработка экспериментальных данных [3] позволила получить ряд зависимостей коэффициента пористости мезги. На рис.2 приведены зависимости коэффициента пористости от удельного давления (напряжения) σ в диапазоне от $13,75 \text{ кг/см}^2$ до 137 кг/см^2 при температуре жарения и прессования мезги 90°C и различной влажностью w .

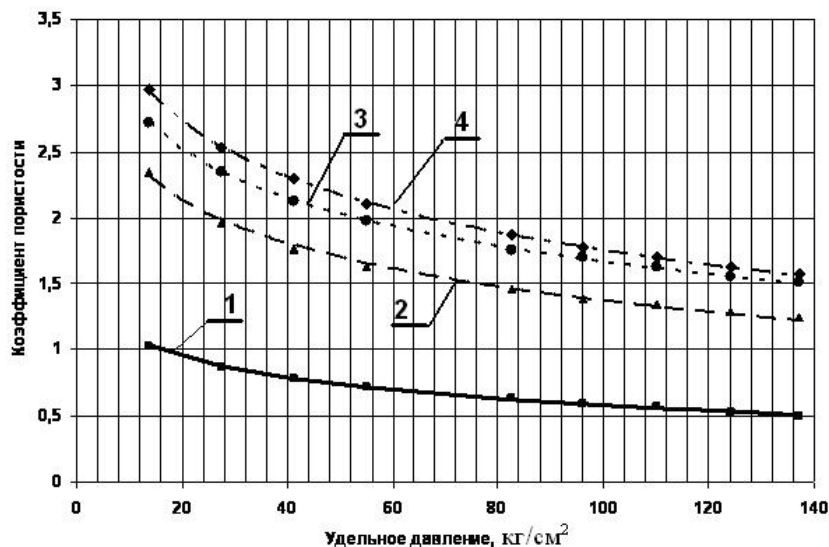


Рис. 2. Зависимость изменения коэффициента пористости от удельного давления в диапазоне от $13,75 \text{ кг/см}^2$ до 137 кг/см^2 при температуре жарения и прессования мезги 90°C : 1 – влажность 6,55%, 2 – влажность 1,8%, 3 – влажность 0,945%, 4 – влажность 0,22%.

Приведенные зависимости описываются логарифмическими функциями с корреляционным отношением $\eta_{y/x}$ от 0,9946 до 0,9966

$$\varepsilon = a \ln \sigma + b. \quad (2)$$

Значения коэффициентов уравнения (2) в зависимости от температуры и влажности w мезги представлены в табл.1

Таблица 1 – Значение коэффициентов логарифмических функций

Коэффициенты полинома	Температура, град.С		
	80	90	100
a	$0,0491w - 0,5854$	$0,0564w - 0,592$	$0,1164w - 0,6607$
b	$-0,4714w + 4,4984$	$-0,4457w + 4,5156$	$-0,7639w + 4,7342$

Опытами Дарси установлено, что скорость фильтрации пропорциональна разности напоров и обратно пропорциональна соответствующей длине пути фильтрации. Отсюда, полагая, что скорость фильтрации направлена по оси s . В нашем случае скорость фильтрации направлена по радиусу витков.

$$u = -k \frac{H_2 - H_1}{\Delta s}, \quad (3)$$

Или в дифференциальной форме

$$u = -k \frac{\partial H}{\partial s}, \quad (4)$$

где H - напор;

k - коэффициент фильтрации, причём знак минус указывает, что движение жидкости направлено в сторону уменьшающихся напоров.

Напор определяется из известной зависимости

$$H = \frac{p}{\gamma} + z, \quad (5)$$

где p - давление в жидкости в рассматриваемой точке;

z - высота над плоскостью сравнения.

Полагая $\frac{\partial H}{\partial s} = 1$, находим, что $u = -k$. Отсюда видно, что коэффициент фильтрации численно равен величине скорости фильтрации при градиенте напора, равном единице. Коэффициент фильтрации зависит от характера фильтрующей жидкости

$$k = k_0 \frac{g}{\nu}, \quad (6)$$

где ν - кинематический коэффициент вязкости жидкости, $\nu = \eta / \rho$;

η - динамический коэффициент вязкости;

ρ - плотность жидкости;

g - ускорение силы тяжести;

k_0 - проницаемость материала (мезги), характеризуется только его геометрическими свойствами, не завися от характера фильтрующей жидкости.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что во многих случаях можно приближённо принять линейную зависи-

мость между коэффициентом пористости и коэффициентом фильтрации при изменении напряжённого состояния и плотности «скелета» обрабатываемого материала. Для некоторого достаточно умеренного диапазона изменения напряжений в скелете от σ_1 до σ_2 выражение для коэффициента фильтрации представляется в таком виде [5]

$$k = k_1 - \frac{k_1 - k_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} (\varepsilon_1 - \varepsilon), \quad (7)$$

где k_1, k_2, ε_1 и ε_2 обозначают коэффициенты фильтрации и пористости для двух напряжённых состояний (1) и (2), а k и ε - те же величины для некоторого промежуточного напряжённого состояния.

В дальнейшем для простоты расчёта поровую жидкость будем считать несжимаемой. Принимаем, что поровая жидкость не сопротивляется сдвиговым деформациям. Таким образом, в ней возникает лишь гидродинамическое давление P .

Для упрощения расчёта принимаем, что давление в поровой жидкости не вызывает в «скелете» мезги дополнительную деформацию.

В мезге, полностью насыщенной маслом, соотношение фаз в единице объёма, очевидно, контролируется её коэффициентом пористости. Свободный незащемлённый воздух, непосредственно сообщаясь с внешней атмосферой, не требует дополнительного большого давления при консолидации мезги. Соотношение объёма масла и незащемлённого воздуха необходимо установить экспериментально.

В виду малых скоростей перемещения обеих фаз фильтрационное течение считаем ламинарным.

Уравнение неразрывности жидкой фазы в прямоугольной системе координат будет иметь вид:

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0. \quad (8)$$

где u_x, u_y, u_z - скорость фильтрации жидкой фазы по осям x, y, z .

Твёрдая фаза мезги, на первых этапах прессования в своих порах содержит свободное масло, а при конечных этапах прессования поверхность твёрдых частиц может быть покрыта тонким слоем масла, связанного молекулярными силами. Поэтому правомерно считать, что твёрдая фаза мезги обладает текучестью и её уравнение неразрывности в прямоугольной системе координат может быть представлено в следующем виде:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \quad (9)$$

где v_x, v_y, v_z расход твёрдых частиц через единицу площади перпендикулярно осям x, y, z .

В случае процесса прессования и фильтрации масла через слой перемещаемой мезги по поверхности шнекового вала «скелет» мезги

деформируется и, следовательно, находится в движении относительно поровой жидкости. Процесс фильтрации для такого случая описывается зависимостью Дарси – Герсеванова [4]

$$\left. \begin{aligned} u_x - \varepsilon v_x &= k \left(\frac{\partial H}{\partial x} - i_0 \right); \\ u_y - \varepsilon v_y &= k \left(\frac{\partial H}{\partial y} - i_0 \right); \\ u_z - \varepsilon v_z &= k \left(\frac{\partial H}{\partial z} - i_0 \right); \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где i_0 - начальный градиент напора.

Дифференциальная форма уравнения Дарси-Герсеванова для направлений x, y, z имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u_x}{\partial x} - \varepsilon_x \frac{\partial v_x}{\partial x} - v_x \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial H}{\partial x}, \\ \frac{\partial u_y}{\partial y} - \varepsilon_y \frac{\partial v_y}{\partial y} - v_y \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial H}{\partial y}, \\ \frac{\partial u_z}{\partial z} - \varepsilon_z \frac{\partial v_z}{\partial z} - v_z \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial H}{\partial z}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Суммируем уравнения (11) с учётом уравнения неразрывности жидкой фазы, получим уравнение фильтрации масла через слой мезги в шнековом прессе в декартовой прямоугольной системе координат

$$\begin{aligned} & \left(\varepsilon_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + \varepsilon_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + \varepsilon_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + \left(v_x \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial \varepsilon_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial z} \right) = \\ & = \left(\frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial H}{\partial z} \right). \end{aligned} \quad (12)$$

Процесс фильтрации масла через слой мезги в шнековом прессе сводится к решению пространственной задачи с осевой симметрией в цилиндрических координатах. При постоянных величинах коэффициентов фильтрации, равных k_ρ в радиальном и k_z в осевом направлениях и несжимаемости поровой жидкости правую часть уравнения (12) можно преобразовать к следующему виду

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\gamma} \left(\frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial p}{\partial z} \right) = \\ & = k_\rho \frac{1}{\gamma} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right) + k_z \frac{1}{\gamma} \frac{\partial^2 p}{\partial z^2}. \end{aligned} \quad (13)$$

где γ - удельный вес порового масла;

P - гидродинамическое давление в поровом масле.

Тогда уравнение фильтрации масла в деформируемой пористой среде мезги в цилиндрических координатах можно записать

$$\left[\varepsilon_r \frac{\partial v_r}{\partial r} (\sin \varphi + \cos \varphi) + \varepsilon_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right] + \left[v_r \frac{\partial \varepsilon_r}{\partial r} (\sin \varphi + \cos \varphi) + v_z \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial z} \right] = k_r \frac{1}{\gamma} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} \right) + k_z \frac{1}{\gamma} \frac{\partial^2 p}{\partial z^2}. \quad (14)$$

где φ - угол поворота рассматриваемой плоскости относительно горизонтали.

В прессуемой массе имеет место две системы давления: нейтральное и эффективное, а их сумма составляет полное гидростатическое давление. Нейтральное давление определяется напором фильтруемого масла, эффективное давление воспринимается скелетом мезги. Разработка теории о распределении для любого момента времени давления в поровой жидкости является основной задачей теории консолидации. Поэтому для использования полученного уравнения фильтрации необходимо вывести уравнение консолидации мезги, по которому можно определить нейтральное давление в рабочей зоне пресса.

Продифференцируем зависимость (2) по радиальному и осевому направлениям

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} &= \frac{a}{\sigma_{\Sigma r}} \frac{\partial \sigma_{\Sigma r}}{\partial r}; \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} &= \frac{a}{\sigma_{\Sigma z}} \frac{\partial \sigma_{\Sigma z}}{\partial z}; \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

где $\sigma_{\Sigma r}, \sigma_{\Sigma z}$ - суммарные удельные радиальные и осевые напряжения в скелете и поровом масле.

Подставляя значения (2) и (15) в уравнение (14) получим уравнение консолидации мезги в шнековом прессе в цилиндрической системе координат:

$$\left[(a \ln \sigma_{\Sigma r} + b) \frac{\partial v_r}{\partial r} (\sin \varphi + \cos \varphi) + (a \ln \sigma_{\Sigma z} + b) \frac{\partial v_z}{\partial z} \right] + v_r \frac{a}{\sigma_{\Sigma r}} \frac{\partial \sigma_{\Sigma r}}{\partial r} (\sin \varphi + \cos \varphi) + v_z \frac{a}{\sigma_{\Sigma z}} \frac{\partial \sigma_{\Sigma z}}{\partial z} = k_r \frac{1}{\gamma} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} \right) + k_z \frac{1}{\gamma} \frac{\partial^2 p}{\partial z^2}. \quad (16)$$

В начале процесса уплотнения маслонасыщенной мезги мгновенно возникают касательные напряжения при отсутствии объёмных деформаций и последующее постепенное нарастание только объём-

ных деформаций и отвечающих им нормальных напряжений при неизменных касательных напряжениях.

В соответствии с этим напряжения в мезге могут быть для любого момента времени записаны в виде

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\Sigma r} &= \sigma_r + p \\ \sigma_{\Sigma z} &= \sigma_z + p \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

где σ_r, σ_z, p - напряжения в скелете мезги и гидродинамическое давление в масле.

Тогда уравнение (16) может быть записано

$$\begin{aligned} k_r \frac{1}{\gamma} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} \right) + k_z \frac{1}{\gamma} \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} = \\ \left\{ \left[a \ln(\sigma_r + p) + b \right] \frac{\partial v_r}{\partial r} (\sin \varphi + \cos \varphi) + \left[a \ln(\sigma_z + p) + b \right] \frac{\partial v_z}{\partial z} \right\} + \\ + v_r \frac{a}{\sigma_r + p} \left(\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\partial p}{\partial r} \right) (\sin \varphi + \cos \varphi) + v_z \frac{a}{\sigma_z + p} \left(\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial p}{\partial z} \right). \end{aligned} \quad (18)$$

Таким образом, мы получили эллиптический тип уравнения Пуассона в частных производных, которое можно коротко записать

$$k_r \frac{1}{\gamma} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} \right) + k_z \frac{1}{\gamma} \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} = q(r, z), \quad (19)$$

где

$$\begin{aligned} q(r, z) = \left\{ \left[a \ln(\sigma_r + p) + b \right] \frac{\partial v_r}{\partial r} (\sin \varphi + \cos \varphi) + \left[a \ln(\sigma_z + p) + b \right] \frac{\partial v_z}{\partial z} \right\} + \\ + v_r \frac{a}{\sigma_r + p} \left(\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\partial p}{\partial r} \right) (\sin \varphi + \cos \varphi) + v_z \frac{a}{\sigma_z + p} \left(\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial p}{\partial z} \right). \end{aligned} \quad (20)$$

Решение уравнения (19) сводится к задаче Дирихле – Неймана. В этой задаче краевые условия на части поверхности задаются искомой функцией p - давления (задача Дирихле), а на части поверхности задаются значения производной $\frac{\partial p}{\partial n}$ - поток через поверхность (задача Неймана). Мы получили два эллиптических уравнения Пуассона в частных производных.

В нашем случае нижняя, левая и правая границы непроницаемы, это является условием равенства нулю нормальной составляющей скорости потока жидкости (граничные условия Неймана). Из закона Дарси следует, что при этом

$$\left(\frac{\partial p}{\partial x_n} \right) \Big|_{\Sigma} = 0, \quad (21)$$

Нормальные граничные условия для непроницаемых границ имеют вид

$$\frac{\partial}{\partial z} p(z_n, r_j) = p_z(z_n, r_j) = 0.$$

На проницаемой границе условия обычно задаются либо в скоростях потока, либо в давлениях. В нашем случае проницаемой границей является цилиндрическая поверхность зеера. Граничное условие удобно задать в скоростях в виде (задача Дирихле)

$$v_n = -k_\phi \left(\frac{\partial p}{\partial x_n} \right) \Big|_\Sigma. \quad (22)$$

Значение нормальной составляющей скорости должно быть известно для всех точек границы и для всего интервала времени.

Численные исследования процессов отжима и фильтрации будут произведены на основании математической модели консолидации методом разностей в системе Matlab. Однако для проведения таких расчётов необходимо провести дополнительные экспериментальные исследования для определения ряда реологических свойств мезги.

Выводы.

1. Впервые получена математическая модель процессов отжима мезги и фильтрации масла в шнековом прессе в виде одновременно протекающих и взаимосвязанных процессов, с учётом непрерывного изменения пористости мезги и давления в масле, заполняющего поры скелета мезги. Для замыкания системы дифференциальных уравнений получена зависимость между давлением, которое испытывает мезга и степенью её сжатия.

2. Для проведения численных исследований на основании полученной модели необходимо провести дополнительные экспериментальные исследования для определения следующих реологических свойств мезги: зависимости между вязкостью массы и различными параметрами, влияющими на неё, – температурой, скоростью сдвига и продолжительностью внешних воздействий; зависимости коэффициентов фильтрации масла от коэффициентов пористости, а также объём свободного воздуха в мезге в зависимости от коэффициента пористости.

Литература.

1. *Голдовский А.М.* Теоретические основы производства растительных масел /*Голдовский А.М.* – М.: Пищепромиздат, 1958. – 446 с.
2. *Зарецкий Ю.К.* теория консолидации грунтов. /*Ю.К. Зарецкий, под редакцией Н.А. Цытовича.* – М.: Наука, 1967. – 268 с.
3. *Масликов В.А.* Упругие свойства мезги и работа, затрачиваемая на её сжатие /*В.А. Масликов* //Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1962. – №2. – с. 130 – 133.

4. *Флорин В.А* Основы механики грунтов. Том II. Деформация и устойчивость оснований сооружений. /*В.А. Флорин* – Л. – М.: Стройиздат, 1961. – 544 с.
5. *Флорин В.А*. Основы механики грунтов. Том I. Общие зависимости и напряжённое состояние оснований сооружений /*В.А. Флорин* . – М.-Л.: Стройархитектура, Стройматериалы, 1959. – 335 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОТЖИМУ МЕЗГИ ОЛІЙНИХ НАСІНЬ У ШНЕКОВИХ ПРЕСАХ

Ткаченко В.О., Дідур В.А., Ткаченко О.В., Дідур В.В.

Анотація

На основі теорії консолідації розроблена математична модель процесу консолідації мезги з насіння олійних культур у шнекових пресах, що враховує одночасне протікання двох процесів пресування «кістяка» мезги й фільтрації олії через шар цього «кістяка». Отримано рівняння консолідації мезги, що дозволяє визначити гідродинамічний тиск у поровій рідині, і рівняння фільтрації олії з урахуванням безперервного зменшення пористості мезги.

MATHEMATICAL MODEL OF PROCESS PRESS SUSPENSION OF VEGETABLE OILS IN SPIRAL PRESS

V. Tkachenko, V. Didur, A. Tkachenko, V. Didur.

Summary

On the basis of the consolidation theory the mathematical model simultaneously considering course of two processes pressing of "skeleton" suspension and a filtration of oil through a layer of this "skeleton" in spiral press is developed. The consolidation equation suspension is received, allowing defining hydrodynamic pressure in time liquids, and the equation of a filtration of oil with the account of continuous reduction of porosity suspension.