

УДК 532.5:681

## **Возможности очистки технологической воды пищевых производств от жиросодержащих фракций**

*Д-р техн. наук* **Алексеев Г.В.** [gva2003@rambler.ru](mailto:gva2003@rambler.ru)  
*Университет ИТМО*

*Институт холода и биотехнологий*  
921002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Канд. техн. наук* **Гончаров М.В.** [GoncharovMV@russia.ru](mailto:GoncharovMV@russia.ru)  
*Национальный исследовательский университет «МЭИ»*

**Ивлева Е.Н.** [ivleva@yandex.ru](mailto:ivleva@yandex.ru)

*Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики*

*В статье рассмотрен новый подход к очистке технологической воды пищевых производств на основе использования упругих свойств мембраны, в качестве которой применена бесконечная упругая лента, собранная из отдельных слоев стеклоткани. Приведены аналитические выкладки и результаты эксперимента, свидетельствующие о работоспособности предложенного устройства.*

**Ключевые слова:** ресурсосбережение, очистка технологической воды, фильтрование, упругие свойства, бесконечная лента.

---

## **Possibilities peelings technological water food production from zhirosoderzhaschih faction**

*D.Sc* **Alekseev G.V.** [gva2003@rambler.ru](mailto:gva2003@rambler.ru)  
*University ITMO*

*Institute of Refrigeration and Biotechnologies*  
191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

*Ph. D* **Goncharov M.V.** [GoncharovMV@russia.ru](mailto:GoncharovMV@russia.ru)  
*National exploratory university "MEI"*

**Ivleva E.N.** [ivleva@yandex.ru](mailto:ivleva@yandex.ru)

*Санкт-Petersburg state university of the service and economy*

*New approach is considered In article to clear of technological water food production on use springy characteristic membrane, as which aplying endless springy tape, collected from separate layers glass. They Are Brought analytical resultexperiment, being indicative of capacity to work offered device.*

**Keywords:** resource, clear of technological water, filter, springy, endless tape.

---

В пищевых производствах известен целый ряд технологических процессов, в которых реализуется процесс фильтрования жидкости через сжимаемый осадок (производство соков и растительных масел, получение мясокостной и кормовой рыбной муки, в кондитерских производствах и др.). Все эти процессы неизбежно сопровождаются появлением достаточного количества, так называемых, технологических или промывных вод образующихся при мойке оборудования, утечках в основных производствах и др.

Сброс таких вод в естественные водоемы увеличивает экологическую нагрузку на окружающую среду и во многих случаях выводит из оборота ряд ценных пищевых ве-

ществ, что вредно сказывается на ресурсосберегающих характеристиках соответствующих производств [1].

Интенсификация процессов очистки технологической воды пищевых производств путем фильтрования может быть достигнута двумя различными путями. По первому пути полученную и подлежащую разделению суспензию обрабатывают таким образом, чтобы в процессе фильтрования образовался осадок с возможно меньшим сопротивлением. Для этого к суспензии добавляют вспомогательные вещества, флокулянты или электролиты.

По второму пути, который используется редко, в процессе получения суспензии создают по возможности такие условия, которые обеспечивают образование твердых частиц, дающих при фильтровании осадок с пониженным сопротивлением. Такого результата можно достигнуть, в частности, применением более чистых исходных веществ и проведением предыдущих стадий технологического процесса в более мягких условиях, чтобы уменьшить возможность появления в суспензии смолистых, слизистых и коллоидных примесей. К той же цели ведет надлежащее изменение температуры и продолжительности предшествующей операции кристаллизации, а также скорости и порядка прибавления реагирующих веществ, при образовании суспензии [3–5].

Представляется необходимым, чтобы при разработке технологического процесса, включающего стадию фильтрования, уже в лаборатории обращалось достаточное внимание на гидродинамические свойства фильтровальных осадков, и исследовались условия проведения процесса, обеспечивающие получение этих осадков с возможно меньшим сопротивлением. Есть основания предполагать, что затраты на выполнение исследовательских работ в указанном направлении будут значительно меньше экономии, достигнутой в результате сокращения капитальных затрат и эксплуатационных расходов вследствие уменьшения размеров фильтровальной установки [6–9].

Очень большое разнообразие в свойствах разделяемых суспензий и коренные различия в конструкциях значительного числа фильтров, наряду с высокой чувствительностью свойств суспензий и осадков к условиям их получения, делают выбор средств фильтрования сложным. Существует ряд общих рекомендаций для такого выбора. К числу их относится, например, указание о целесообразности использования фильтров, в которых направления действия силы тяжести и движения фильтрата совпадают, в тех случаях, когда разделяется полидисперсная суспензия. При этом на фильтровальной перегородке в первую очередь откладываются наиболее крупные твердые частицы, предотвращающие закупоривание ее пор более мелкими. Сюда же можно отнести указание о нецелесообразности повышения разности давлений с целью увеличения скорости фильтрования, если осадок отличается сильной сжимаемостью, обуславливающей значительное возрастание его удельного сопротивления при повышении указанной разности. Однако вся совокупность подобных общих указаний недостаточна для надежного выбора средств фильтрования в каждом отдельном случае.

При выборе средств фильтрования выполняют сравнительные расчеты по определению удельной производительности различных фильтров или их удельной поверхности фильтрования.

Для этих расчетов можно использовать основные уравнения фильтрования, предварительно определив экспериментально некоторые постоянные в указанных уравнениях, в частности удельное сопротивление осадка и сопротивление фильтровальной пере-

городки. В связи с этим представляется возможным высказать некоторые соображения об определении постоянных в уравнениях фильтрования и о расчете фильтров, а также о моделировании процессов фильтрования сопровождающих самые различные операции, осуществляемые в пищевых производствах [6-11].

Существует большое число способов определения постоянных в уравнениях фильтрования, причем выбор некоторых из них нередко может вызвать затруднения.

Во всех этих случаях перемещение жидкости по капиллярам сжимаемого материала для определения тех или иных параметров технологического процесса может быть описано уравнением Навье-Стокса, которое интегрируется, как известно, только для частных случаев начальных и граничных условий.

Рассмотрим аналогичную задачу для разделения жиросодержащей суспензии.

Пусть непрерывная лента упругого пористого материала, проходя между двумя валками установленными по урезу разделяемой эмульсии, сжимается, а после входа в верхний более легкий слой восстанавливает первоначальную структуру с заполнением пор наиболее легкой фракцией расслоившейся эмульсии.

Определим основные параметры процесса, влияющего на время  $t$ , необходимое для полной «пропитки» такой ленты толщиной  $h$ .

Для записи уравнения Навье-Стокса и соответствующих начальных и граничных условий воспользуемся следующими соображениями.

Предположим, что диаметр одного из сжимающих валков значительно больше диаметра другого валка, то есть  $d \ll D$ . Будем также считать, что отдельные поры имеют цилиндрическую форму, с диаметром существенно меньшим длины цилиндра, расположены по нормали к поверхности ленты и изолированы одна от другой, в процессе «сухого» деформирования из пор удаляется весь воздух, а восстановление их первоначальной формы осуществляется без притока его извне. Пусть также над зеркалом жидкости постоянное атмосферное давление  $P_0$ , а слой легкой фракции по толщине соизмерим с  $h$  (рис.1).

Для указанных ограничений течение жидкости вдоль продольной оси отдельной поры можно считать одномерным, массовые силы отсутствующими, а движущей силой такого течения - атмосферное давление.

Уравнение Навье-Стокса и начальные условия интегрирования в этом случае будут выглядеть достаточно просто

$$\frac{du}{dt} = \nu \left( \frac{d^2u}{dx^2} \right), \quad u(x,0) = u \Big|_{t=0} = 0 \quad (1)$$

Граничные условия запишем, пренебрегая изменением длины пор при формообразовании, считая ее равной толщине деформируемой ленты, и выбирая начало координат на оси большого валка на расстоянии  $h$  от малого валка. В этом случае на правом торце пор имеем

$$\frac{du}{dx} \Big|_{(0,t)} = 0, \quad (2)$$

а граничные условия на левом торце определяются из уравнения Бернулли, записанного для истечения жидкости через насадок под действием постоянного давления  $P_0$

$$u(h,t) = A, \quad \text{где } A = \overline{\varphi \sqrt{2g(h + P_0/\rho)}} \quad (3)$$

Интегрирование произведем используя известную температурно-временную аналогию записанной задачи для распространения теплоты в конечном тонком стержне, заменяя температуру  $T$  на скорость  $u$ .

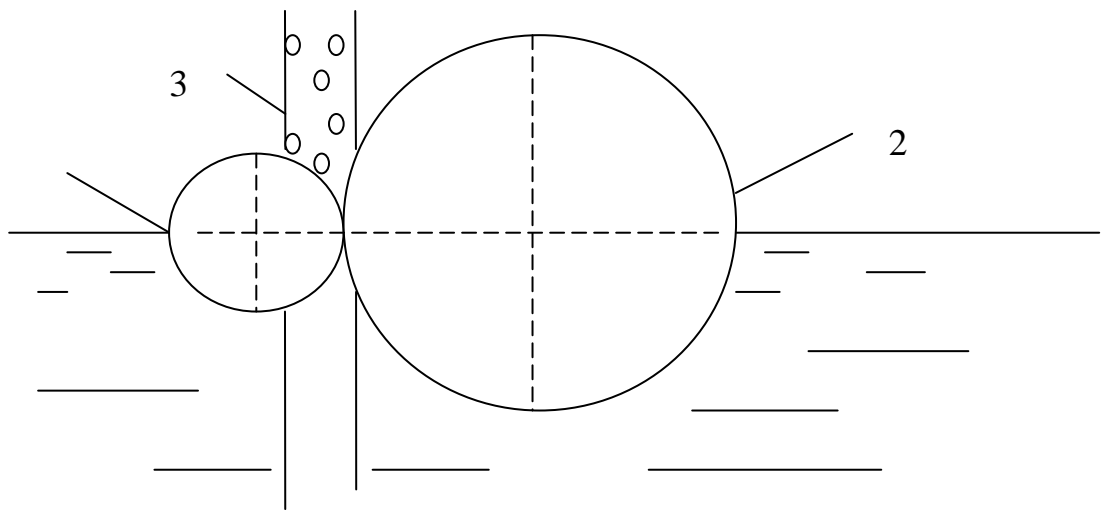


Рис. 1 Принципиальная схема деформирования упругого пористого материала: 1 - малый валок; 2 - большой валок; 3 - упругая пористая лента.

В общем случае для граничных и начальных условий, изображенных на рис.1, постановку такой задачи можно записать следующим образом.

В капилляре конечной длины (с гидроизолированной боковой поверхностью) правый конец гидроизолирован:  $\frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0$ , левый поддерживается при постоянной скорости:

$u \Big|_{x=l} = \tilde{u}_l$ , а начальная скорость постоянна по капилляру:  $u \Big|_{t=0} = u_0$ . Предварительно определим  $\gamma$  и  $\gamma_1$  из уравнений определяющих требование однородности, которые состоят в выполнении равенств:

$$\begin{aligned} h_0 \gamma - k \gamma_1 &= h_0 \tilde{u}_0, \\ h_l \gamma + (lh_l + k) \gamma_1 &= h_l \tilde{u}_l. \end{aligned}$$

Так как здесь  $h_0 = 0, h_l = \infty$ , то эти уравнения принимают вид  $\gamma_1 = 0, \gamma = \tilde{u}_l$  и мы имеем  $u = w + \tilde{u}_l, f_1(x) = u_0 - \tilde{u}_l$ .

Дальнейшие преобразования проведем в соответствии с [3] и получим решение вида

$$u = \tilde{u}_l + \frac{4(u_0 - \tilde{u}_l)}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\cos \frac{(2n+1)\pi x}{2l}}{2n+1} e^{-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 \alpha^2 t}{4l^2}}.$$

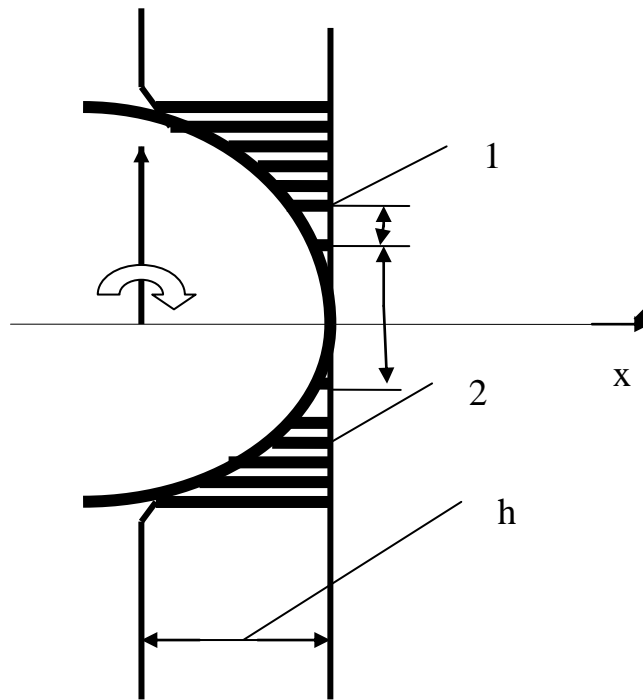


Рис.2. Принципиальная схема формоизменения пор:  
1 – зона «сухого» деформирования;  
2 – зона упругого восстановления формы материала.

При этом, учитывая записанные ранее граничные условия для гидродинамической задачи, в полученном решении следует заменить параметры  $u_0, \tilde{u}_l, \alpha$  на соответствующие величины. Преобразованное при такой замене решение будет выглядеть следующим образом

$$u = A - \frac{4A}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\cos \frac{(2n+1)\pi x}{2h}}{2n+1} e^{-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 \nu t}{4h^2}}$$

Для достаточно больших значений  $t$  это выражение дополнительно упростится и может быть представлено в виде

$$u \approx A - \frac{4A}{\pi} e^{-\frac{\pi^2 u}{4h^2}} \cos \frac{\pi x}{2h}$$

Учитывая принятую модель заполнения капилляра и соответствующее выражение для  $A$ , окончательно имеем

$$u \approx \varphi \sqrt{2q \left( h + \frac{P_0}{\rho} \right)} \left( 1 - \frac{4}{\pi} e^{-\frac{\pi^2 u}{4h^2}} \cos \frac{\pi x}{2h} \right)$$

Полученная модель дает представление об основных параметрах влияющих на процесс заполнения тонкого слоя пористого материала и позволяет произвести оценку основных технологических параметров реализующих его технологических устройств.

Опытная установка предполагается к использованию в пищевой промышленности, а именно при разделении жидкостей по плотности, например при повышении или понижении концентрации жиросодержащих смесей, а также очистке промывных вод.

Для проведения экспериментальных исследований по разделению жиросодержащей эмульсии на фракции с помощью предложенной экспериментальной установки, реализующей нестационарный режим фильтрования, в качестве модельной выбрана смесь воды с растительным маслом по ГОСТ 1129-93 с содержанием сухих веществ 99,9%.

Поскольку разделение жиросодержащих эмульсий в ходе реализации разных технологических процессов предполагает возможность использования рабочих сред при различных температурах, на первом этапе исследований изучалось температурное изменение таких важных свойств как плотность и вязкость.

Взвешивание 100 миллилитров растительного масла в диапазоне температур 50-150 °С позволило выявить температурную зависимость плотности изображенную ниже на графике рис.3.

Следующим этапом экспериментальных исследования явилось определение аналогичной зависимости для эффективной вязкости.

Исследование структурно-механических свойств жиросодержащих эмульсий проводились на ротационном вискозиметре «Реотест RV» производства Германии, при постоянной (50 °С) температуре и давлении.

Нахождение зависимости вязкости от скорости сдвига является наиболее важной и необходимой задачей реологии. Методика расчета зависимости вязкости аналогичная расчету коэффициента индекса текучести. Отличительной особенностью этого метода является построение логарифмического графика зависимости вязкости от скорости сдвига, вместо логарифмической зависимости касательного напряжения от скорости сдвига.

Каждое исследование структурно-механических свойств той или иной пищевой системы сталкивается с величиной предельного напряжения сдвига. Но в научных ис-

следованиях и в литературных источниках не освещена проблема определения значения минимального напряжения сдвига.

Математическая зависимость поведения неньютоновских жидкостей получена также и эмпирическим путем.

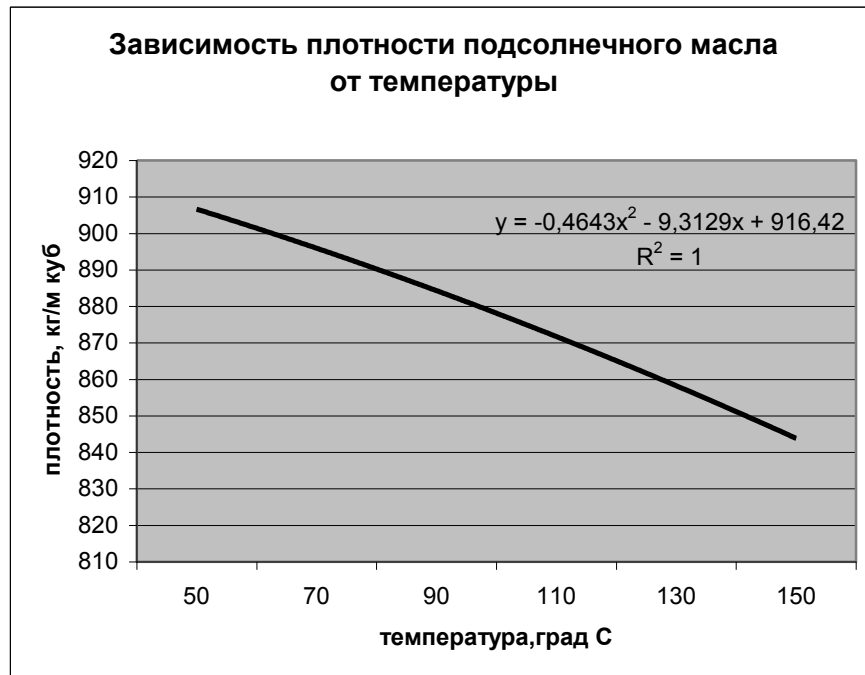


Рис.3 Изменение плотности модельной жидкости от температуры

Одно из наиболее распространенных уравнений представлено ниже:

$$\eta = \eta_0 \left( \frac{\gamma}{\gamma_0} \right)^{n-1},$$

где:  $\eta$  - вязкость вещества (Па·с);

$\gamma$  - скорость сдвига ( $\text{с}^{-1}$ );

$n$  - индекс течения.

Для расчета индекса течения необходимо преобразовать формулу и в результате математических преобразований получится:

$$\tau = \tau_0 \cdot \left( \frac{\gamma}{\gamma_0} \right)^n,$$

где  $\tau$  - касательное напряжение сдвига.

Прологарифмировав выражение можно найти коэффициент текучести посредством формулы:

$$\ln(\tau) = \ln(\tau_0) + n \ln(\gamma / \gamma_0).$$

Из этого выражения видно, зависимость логарифма касательного напряжения от скорости сдвига является прямой линией, что обуславливает простоту расчета индекса текучести по формуле:

$$n = \ln(\tau) - \ln(\tau_0) / \ln(\gamma / \gamma_0)$$

Полученные экспериментальные данные позволили построить следующий график зависимости вязкости растительного масла от температуры.

В рамках описанного подхода на модельной эмульсии ставился эксперимент, в котором в качестве целевой функции выбирали удельное относительное количество отделенной легкой фракции (растительного масла), а в качестве варьируемых параметров брали угловую скорость вращения погруженных в эмульсию валков  $\omega$  и толщину упругого деформируемого слоя  $h$ .

В качестве материала для упругого деформируемого слоя использовали стеклоткань марки Э-0,1 по ГОСТ 8481-61. Такой выбор обусловлен гидрофобностью используемого при изготовлении стекловолокна и возможностью набирать из слоев ткани толщиной 0,1 мм пакет необходимой для эксперимента общей толщины бесконечной упругой ленты.

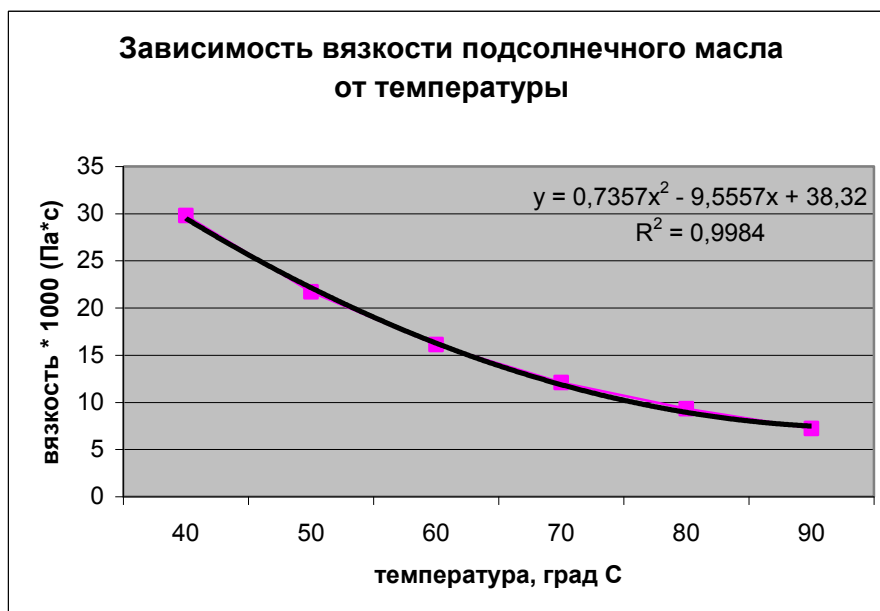


Рис. 4. Температурная зависимость вязкости растительного масла

Эксперименты проводили для температур эмульсии  $T = 50, 60, 70$  °С.

Анализ результатов обработки полного факторного эксперимента с учетом приведенной выше методики и оценка адекватности свидетельствует о том, что линейная модель не отражает в должной мере специфики происходящих процессов. Это вызывает необходимость перехода к планированию более сложного нелинейного эксперимента.

Такой эксперимент осуществлен с матрицей по центрально композиционному ротатбельному плану и обработан по специальной программе на ПК. Полученные результаты свидетельствуют об адекватности нелинейной эмпирической модели.

Погрешность теоретической модели относительно построенной адекватной эмпирической модели не превышает 18%, что свидетельствует о возможности использования принятых модельных допущений для расчета и анализа предлагаемых устройств для разделения жиросодержащих эмульсий.



Авторами предложено устройство для разделения жидкостей по плотности, например, при повышении или понижении концентрации жиродержащих эмульсий, а также очистке промывных вод.

В пищевой промышленности применяются устройства и технологии очистки воды с помощью изменения физических свойств суспензий, например вязкости, за счет воздействия на них постоянного магнитного поля. Описанные технологические средства несколько повышают потребительские свойства очищенной воды, однако часто недостаточно полно удаляют легкие фракции жидкости, а также малопроизводительны.

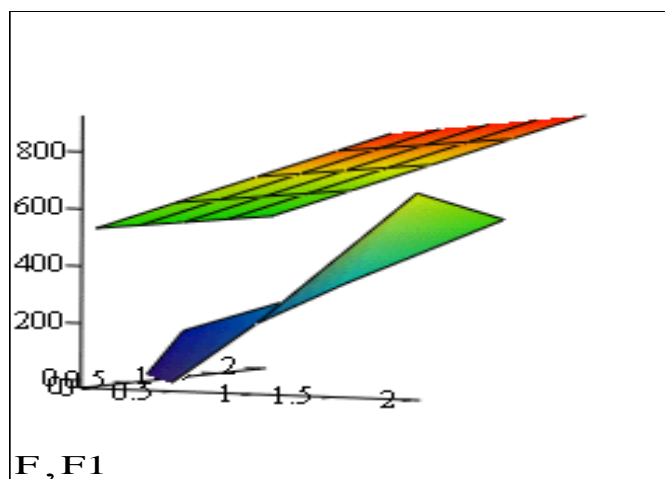


Рис. 5. Сравнительный анализ экспериментальных моделей удельного расхода легкой фракции (ось  $x$  – толщина упругого деформируемого  $h$ , ось  $y$  – скорость вращения валков  $\omega$ ): - линейная модель (верхняя поверхность); - квадратичная модель (нижняя поверхность).

Для аналогичных целей используют устройство для пропитки рулонных материалов, содержащее пропиточную ванну, транспортирующие валки и расположенные в ванне и после нее отжимные валки, причем расположенные в ванне отжимные валки установлены на входе пропитываемого материала, а оси их лежат в плоскости поверхности связующего [12].

Такое устройство более производительнее, поскольку максимально полно использует поры применяемого рулонного материала, но за счет того, что оси отжимных валков лежат в плоскости поверхности жидкости, могут удалять не только легкую фракцию, но и более тяжелые. Это приводит к неоправданным затратам по организации еще одного цикла разделения уже выделенной фракции жидкости, а также способствуют возникновению турбулентности на границе раздела фаз и их перемешиванию, что затрудняет сам процесс разделения.

Наиболее эффективным для очистки промывных вод является устройство для разделения жидкостей, включающее ванну, верхнюю и нижнюю пары отжимных и транспортирующих валков, из которых верхний транспортирующий валок выполнен полым и перфорированным, с размещенной на них упругой пористой лентой [13-14].

Преимущества в этом техническом решении реализуются за счет того, что соединенные между собой пружиной транспортирующие валки размещены на входе в ванну таким образом, что один из них касается своей поверхностью зеркала ванны, а второй размещен в ней, и межосевая линия транспортирующих валков составляет определенный угол с межосевой линией отжимных валков.

Это позволяет, с одной стороны, максимально использовать поры и упругие свойства материала для удаления легкой фракции с поверхности разделяемых жидкостей, а с другой - соответствующим выбором толщины ленты, коэффициента упругости пружины и модуля упругого материала обеспечивать удаление строго определенного слоя жидкости без перемешивания его с нижележащими.

Выполнение одного из отжимных валков полым и перфорированным и размещение внутри него диаметрально противоположно зоне контакта с упругой пористой лентой и вторым валком желоба для отвода легкой фракции позволяет существенно повысить производительность процесса и упростить конструкцию устройства.

Вместе с тем для суспензий, содержащих жировые фракции, достаточно проблемной является зона отжима извлеченной из ванны фракции на верхнем валке и отвод ее через перфорацию этого валка в желоб. Для эффективной работы устройства необходимо существенно снижать скорость перемещения ленты, что резко снижает эффективность работы устройства.

Целью предлагаемого нами устройства является преодоление существующих недостатков описанной выше конструкции и повышение эффективности разделения отдельных фаз.

Для достижения поставленной цели в устройстве для разделения жиросодержащих эмульсий, включающем ванну, верхние и нижние отжимные и транспортирующие валки, из которых верхний транспортирующий валок выполнен полым и перфорированным, с размещенной на них упругой пористой лентой, на верхний транспортирующий валок оперты два отжимных валка, которые шарнирно закреплены на корпусе посредством специальных стоек, причем эти стойки соединены между собой тарированной сменной пружиной, а отжимной валок, расположенный со стороны набегания упругой пористой ленты, выполнен обогреваемым.

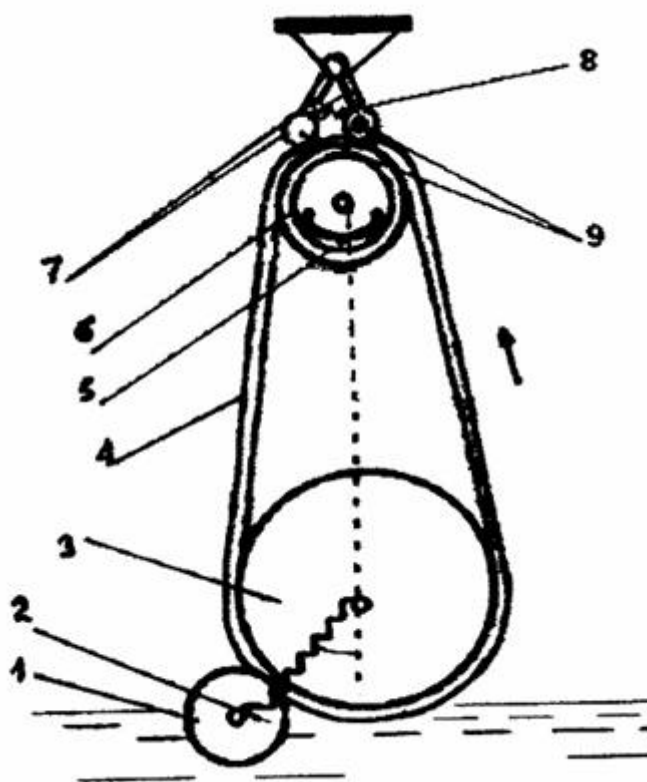
Технический эффект в предлагаемом устройстве реализуется за счет того, что опертые на перфорированный верхний транспортирующий валок два отжимных валка, один из которых расположенный со стороны набегания упругой пористой ленты, выполнен обогреваемым, например ТЭНом или острым паром, последовательно отжимают собранную с поверхности упругой пористой лентой жиросодержащую фракцию, которая в подогретом состоянии за счет снижения вязкости становится более текучей.

С другой стороны, пройдя под первым обогреваемым отжимным валком, упругая пористая лента, пытаясь восстановить первоначальную форму, вбирает в поверхностный слой некоторое количества воздуха. Второй отжимной валок, опять деформируя

упругую пористую ленту, как бы «продувает» ее в сторону перфорированного транспортирующего валка, увеличивая количество выжатой жидкости.

Соответствующей регулировкой сменной пружины соединяющей стойки, на которых размещены верхние отжимные валки, автоматически регулируется усилие прижима, поскольку толщина упругой пористой ленты различна под первым и вторым валками. Температура, при которой уменьшается вязкость жиросодержащей фракции, регулируется нагревом первого верхнего отжимного валка, а усилие прижима выбором сменной тарированной пружины, что упрощает отжим жиросодержащей эмульсии в транспортирующий лоток.

Сущность устройства поясняется рис.6, где изображена его общая схема.



*Рис.6 Устройство для обработки технологической воды*

Устройство состоит из ванны 1, нижних: отжимного валка 2 и транспортирующего валка 3, установленных на входе размещенной на них упругой пористой ленты 4 в ванну, и размещенных на специальных стойках 7, соединенных между собой тарированной сменной пружиной 8, верхних отжимных валков 9 и транспортирующего валка 6, размещенных вне ванны, причем валок 6 выполнен полым и перфорированным, а внутри него размещен желоб 5 для отвода жиросодержащей фракции, причем нижние валки соединены между собой пружиной и установлены на входе в ванну так, что один из них касается своей поверхностью зеркала ванны, а второй размещен в ней. Кроме того, отжимной валок 9, расположенный со стороны набегания упругой пористой ленты, выполнен обогреваемым.

Работает устройство следующим образом. Пористая упругая лента 4 поступает в зону размещения нижних: отжимного валка 2 и транспортирующего валка 3, где под действием пружины деформируется. При ее сжатии из отдельных пор легко удаляется находящийся там воздух, поскольку поверхности ленты не испытывают на себе никакого дополнительного воздействия.

Перемещаясь в ванну 1 с разделяемой эмульсией, лента за счет упругих свойств начинает восстанавливать свою геометрическую форму, вбирая в себя жиросодержащую фракцию. Имея строго заданную толщину, лента воздействует только на определенный удаляемый слой жидкости, не перемешивая его с другими.

Приходя по мере перемещения в соприкосновение с подпружиненным верхним обогреваемым отжимным валком 9 и транспортирующим валком 6, размещенными вне ванны, пористая лента снова деформируется, освобождая поры от собранной с поверхности ванны жиросодержащей фракции уменьшающей вязкость по мере нагрева.

Выходя из зоны контакта транспортирующего валка 6 и обогреваемого валка 9, пористая лента частично восстанавливает свою форму в основном за счет попадания воздуха в верхние слои освобожденные от воздействия обогреваемого валка 9.

Подвергаясь далее воздействию валка 9 с внешней стороны попавший в ленту воздух «продавливается» через поры увлекая в перфорацию валка 6 дополнительные количества жиросодержащей фракции.

Специальные стойки 7 передают необходимой контактное давление от тарированной пружины 8 в зону сжатия упругой ленты. Это давление меняется в зависимости от условий обогрева валка 9, свойств упругой ленты 4 и свойств отделяемой жиросодержащей фракции.

Собранная жиросодержащая фракция через перфорацию валка 6 поступает в размещенный внутри него желоб 5, после чего удаляется для дальнейшей переработки. В последующем описанный цикл деформирования упругой ленты с поглощением удаляемой фракции повторяется.

Использование предложенного устройства позволяет достаточно просто и точно разделять отдельные фракции жидкостей различной плотности, обеспечивая при этом высокую производительность за счет соответствующего выбора значений температуры валка 9 и усилия сжатия пружины 8.

### Список литературы

1. *Алексеев Г.В., Головацкий Г.А., Краснов И.В.* Некоторые направления повышения эффективности технологического оборудования для переработки пищевого сырья. // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2007. № 3. С. 52.

2. *Алексеев Г.В., Хрушкова Е.Н., Красильников В.Н.* Возможности применения мембранных процессов для производства продуктов функционального назначения // Вестник Международной академии холода. 2010. № 3. С. 32-37.
3. *Алексеев Г. В., Вороненко Б. А., Лукин Н. И.* Математические методы в пищевой инженерии. Учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям и профилям бакалавриата "Пищевая инженерия" и "Машины и аппараты пищевой промышленности" / Санкт-Петербург. ЛАНЬ. 2012. 204 с.
4. *Алексеев Г.В., Даниленко Е.А.* Возможности моделирования измельчения пищевых добавок для продуктов функционального питания. // Вестник Международной академии холода. 2011. № 2. С. 16-18.
5. *Алексеев Г.В., Грекова И.В.* Рабочий орган устройства для очистки и измельчения пищевых продуктов. Патент на изобретение RUS 2062588
6. *Алексеев Г.В., Арет В.А., Верболоз Е.И., Кондратов А.В.* Возможности управления процессом измельчения путем изменения структурно-механических свойств пищевой смеси. // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2008. № 4. С. 54-58.
7. *Алексеев Г.В., Лунев К.Н.* Возможности совершенствования процесса и аппарата для розлива газонаполненной жидкости. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия. «Процессы и аппараты пищевых производств». 2009. № 1. С. 8-12.
8. *Алексеев Г.В., Головацкий В.А., Краснов И.В.* Переработка нетрадиционного растительного сырья с целью дальнейшего его использования в продуктах питания. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия. «Процессы и аппараты пищевых производств». 2007. № 1. С. 22-23.
9. *Алексеев Г.В., Громцев А.С.* Дозатор для пищевых сред. Патент на изобретение RUS 2292717. 26.09.2005
10. *Алексеев Г.В., Головацкий В.А., Краснов И.В.* Устройство для очистки овощей и корнеплодов от кожуры. Патент на изобретение RUS 2306015. 17.04.2006
11. *Алексеев Г.В., Корзенков К.В.* Рабочий орган для восстановления кавитационного диспергатора. Патент на изобретение RUS 2339497. 02.04.2007
12. *Алексеев Г.В.* Устройство для пропитки рулонных материалов, А.с. СССР № 552212, МПК В 29 G 7/00, БИ, № 12, 1977
13. *Алексеев Г.В., Лагуненков П.А.* Устройство для разделения жиросодержащих эмульсий. Патент на изобретение RUS 2292936. 05.09.2005
14. *Алексеев Г.В.* Патент РФ № 2239485, МПК В 01 D 17/00, Устройство для разделения жидкостей, 10.11.2004