

Міністерство аграрної політики України



П Р А Ц І

Таврійської державної
агротехнічної академії

Випуск 24

Наукове фахове видання

Мелітополь – 2004 р.

УДК 621.311:631

ПЗ.8

Праці / Таврійська державна агротехнічна академія - Вип. 24, - Мелітополь: ТДАТА, 2004. – 192 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТА,
протокол № 10 від 29 червня 2004 р.

У випуску наукових праць наведені результати досліджень у галузі енергетики, електротехнології, автоматизації та механізації процесів сільськогосподарського виробництва співробітників Таврійської державної агротехнічної академії, Харківського державного технічного університету сільського господарства та інших ВНЗів.

Випуск призначений для науковців, інженерів, аспірантів, магістрів і студентів технічних та сільськогосподарських спеціальностей.

Редакційна колегія праць ТДАТА:

Крижачківський М.Л., - к.т.н., д.с.-г.і (Польща) (головний редактор),
Кюрчев В.М. – к.т.н. (заст. головного редактора), Дюрдієв В.Т. - к.т.н.,
(відповідальний секретар), Дідур В.А. – д.т.н., Зуєв О.О. к.т.н., Кушнар'юв А.С. – чл.-кор. УААН, д.т.н., Масюткін Є.П. – к.т.н., Найдиш А.В. - д.т.н., Найдиш В.М. – д.т.н., Надикто В.Т. – д.т.н., Овчаров В.В. - д.т.н., Панченко А.І. – к.т.н., Просвірнін В.І. - д.т.н., Рогач Ю.П. - к.т.н., Скляр О.Г. – к.т.н., Тарасенко В.В. - д.т.н., Шевченко І.А., - д.т.н., Ялпачик Ф.Ю. - к.т.н.

Відповідальний за випуск - д.т.н., професор Просвірнін В.І.

Адреса редакції: ТДАТА

просп. Б. Хмельницького 18
м. Мелітополь
Запорізька обл.
72312 Україна

ISBN 966-8428-03-X

**© Таврійська державна
агротехнічна академія, 2004.**

УДК 541.311: 614.84

ОЧИСТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В МАГНИТНЫХ ОТСТОЙНИКАХ

Просвирнин В.И., д.т.н.

Масюткин Е.П., к.т.н.

Гулевский В.Б., инж.

Таврійська державна агротехнічна академія

Тел. (06192) 42-23-41

Аннотация – разработана методика расчета электромагнитных отстойников для технических жидкостей, содержащих магнитные примеси.

Ключевые слова – очистка, жидкость, частицы, поле, скорость.

Постановка проблемы. Проблема применения электротехнологий в АПК является актуальной, поскольку многие ее задачи далеки от завершения и, особенно, в части промышленного освоения научных разработок. Это, в первую очередь, объясняется отсутствием обоснованных методов расчета технических средств с применением силовых полей электрической природы, в частности, устройств магнитного воздействия на неоднородные дисперсные системы, содержащие магнитные примеси, например технические жидкости.

Анализ предшествующих исследований. В основу существующих методов расчета отстойников заложен принцип осаждения единичного зерна в вязкой среде, когда на него действуют силы массовые и давления с учетом сопротивления среды согласно закону Стокса; при числе Рейнольдса равном или меньше двух. При этом скорость определяется по выражению [5,6]:

$$U_0 = \frac{V \cdot q \cdot (\rho_r - \rho_c)}{3 \cdot \pi \cdot d \cdot \eta_c}, \quad (1)$$

где t_0 – время нахождения жидкости (частиц) в отстойнике, с; d – средний размер частиц, м; η_c – вязкость, Па·с; ρ_r – плотность частиц, кг/м³; ρ_c – плотность среды, кг/м³.

При известных высоте отстойника и скорости осаждения зерна определяется время осаждения, или наоборот определяется высота отстойника при заданном времени. Фактически это справедливо для более крупных частиц 50-100 мкм.

Формулирование цели статьи. Одними из устройств очистки технических жидкостей от твердых примесей являются отстойники, в основе которых лежит принцип гравитации – действие на частицы только массовых сил тяжести. В случае если частицы магнитные, то применение соответствующего поля для интенсификации процесса очистки наиболее эффективно. Однако методы расчета магнитных отстойников несовершенны и базируются в основном на статистических данных. Нами разработан метод расчета электромагнитных отстойников и впервые с учетом явления магнитной коагуляции частиц.

Основная часть. Наиболее целесообразно применять магнитные поля в отстойниках при очистке смазывающе-охлаждающих и рабочих жидкостей. Это объясняется сравнительно небольшими объемами жидкостей, подлежащих очистке, а, следовательно, малыми рабочими объемами аппаратов, в которые всегда можно вмонтировать узел, создающий магнитное поле, например соленоид (рис. 1).

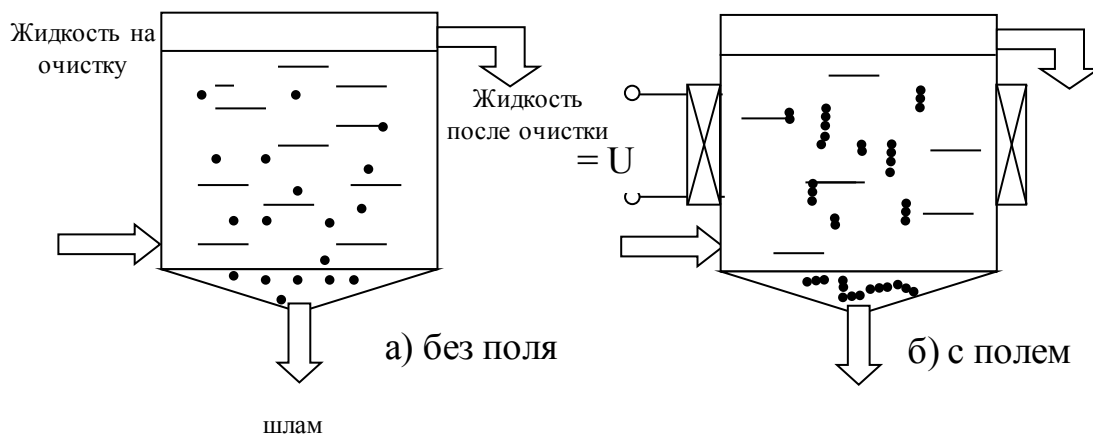


Рис. 1. Схемы отстойников

Предварительно рассмотрим осаждение частиц в отстойнике, когда жидкость не обрабатывается магнитным полем. При незначительном перемешивании жидкости, что характерно для отстойников, частицы близлежащих размеров осаждаются из объема согласно уравнению [1,2]:

$$-\frac{dn}{dt} = \frac{1}{h} n \cdot U_0; \quad \text{при } t = 0; t(0) = 0; n(0) = n_0 \quad (2)$$

где h – высота камеры отстойника, м; n_0 , n – количество частиц (начальное и текущее значения, соответственно); U_0 – скорость осаждения частиц.

Интегрируя (2) с учетом (1) получим:

$$n = n_0 \cdot \exp\left[-\frac{t_0 \cdot V \cdot q \cdot (\rho_r - \rho_c)}{h \cdot 3 \cdot \pi \cdot d \cdot \eta_c}\right], \quad (3)$$

где t_0 – время нахождения жидкости (частиц) в отстойнике, с; d – средний размер частиц, м; η_c – вязкость, Па·с; ρ_r – плотность частиц, кг/м³; ρ_c – плотность среды, кг/м³.

Степень очистки жидкости равна (доли единицы):

$$\mathcal{E}_0 = \frac{n_0 - n}{n_0}, \quad (4)$$

или с учетом (3):

$$\mathcal{E}_0 = 1 - \exp\left(-\frac{t_0 \cdot V \cdot q \cdot (\rho_r - \rho_c)}{h \cdot 3 \cdot \pi \cdot d \cdot \eta_c}\right), \quad (5)$$

Из выражения (5) видно, что степень очистки жидкости зависит от высоты отстойника h , параметров частиц, среды и времени t_0 .

Приведенные зависимости справедливы также и при обработке жидкости магнитным полем (осуществляющим вынужденную коагуляцию частиц), при этом вместо U_0 в (2) необходимо подставить значение скорости осаждения образовавшихся флокул U_ϕ .

Как показали опыты (наши и других исследователей), флокулы образуются в виде цепочек из частиц и осаждаются после снятия поля ориентированно (рис. 2).

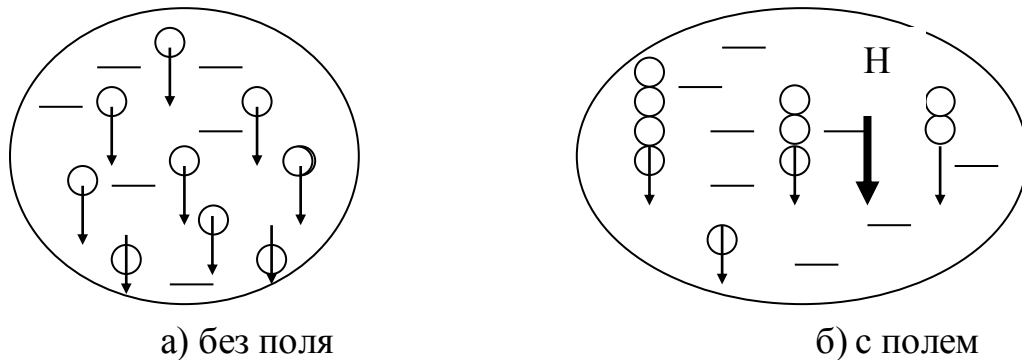


Рис. 2. Схема осаждения частиц в отстойниках

Поэтому приближенно можно принять, что диаметр флокулы равен диаметру частиц ($d_\phi = d$); объем $V_\phi = m \cdot n_\phi$ (m – масса частицы) при этом $\rho_\phi = \rho_r$. Тогда скорость флокул будет равна:

$$U_{\phi} = n_{\phi} \cdot (\rho_r - \rho_c) \cdot \frac{d^2 \cdot q}{18 \cdot \eta_c}, \quad (6)$$

где n_{ϕ} – количество частиц в образовавшейся флоккуле.

Степень очистки жидкости после ее обработки магнитным полем определится:

$$\mathcal{E}_n = 1 - \left\{ \exp \left[-\frac{t_0}{h} \cdot n_{\phi} \cdot (\rho_r - \rho_c) \cdot \frac{d^2 \cdot q}{18 \cdot \eta_c} \right] \right\}, \quad (7)$$

Выражение (7) справедливо для случая, когда жидкость не содержит немагнитных частиц и после ее обработки магнитным полем происходит 100 % - я коагуляция. На практике эти условия выполняются значительно реже. Жидкость содержит определенное количество немагнитных частиц C_n . Кроме того, при наложении магнитного поля часть магнитных частиц C_{1M} не участвует в образовании флокул и осаждается под действием сил тяжести. Обозначая количество магнитных частиц через C_M , и учитывая изложенное, общая степень очистки жидкости после ее обработки магнитным полем определится:

$$\mathcal{E}_{0n} = \frac{C_n + C_{1M}}{C_0} \cdot \mathcal{E}_0 - \frac{C_M - C_{1M}}{C_0} \cdot \mathcal{E}_{1n}, \quad (8)$$

За степень коагуляции частиц в магнитном поле примем отношение:

$$\eta_k = \frac{C_M - C_{1M}}{C_M}, \quad (9)$$

Тогда, после несложных преобразований, формула (8) примет вид:

$$\mathcal{E}_{0n} = \frac{C_n + C_M(1 - \eta_k)}{C_0} \cdot \mathcal{E}_0 + \frac{C_M \cdot \eta_k}{C_0} \cdot \mathcal{E}_n, \quad (10)$$

Подставляя в (10) значения \mathcal{E}_0 из (5) и \mathcal{E}_H из (7) с учетом расчетных формул, описывающих коагуляцию частиц в магнитном поле [7], получим:

$$\begin{aligned}
 \text{а)} \quad \mathcal{E}_{0H} &= \frac{C_H + C_M(1 - \eta_K)}{C_0} \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{t_0}{h} \cdot (\rho_r - \rho_c) \cdot \frac{d^2 \cdot q}{18 \cdot \eta_c} \right] \right\} + \\
 &+ \frac{C_M \cdot \eta_K}{C_0} \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{t_0}{h} \cdot n_{\phi} \cdot (\rho_r - \rho_c) \cdot \frac{d^2 \cdot q}{18 \cdot \eta_c} \right] \right\}, \\
 \text{б)} \quad n_{\phi} &= 3 \sqrt[3]{\frac{C_M}{C_{MK}}}, \\
 \text{в)} \quad C_{MK} &= \frac{\pi}{6} \cdot \rho_r \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{U_{MK} \cdot d \cdot \rho_r}{9 \cdot \eta_c} \right)^3}, \\
 \text{г)} \quad U_{KM} &= \sqrt{\left(\frac{9 \cdot \eta_c}{d \cdot \rho_r} \right)^2 + \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot \mu_0 \cdot \chi_m^2 \cdot H^2}{3 \cdot \rho_r}} - \frac{9 \eta_c}{d \rho_r}, \\
 \text{д)} \quad t_K &= \frac{d \cdot \rho_c}{18 \cdot \eta_{rc}} \cdot \ln \left(1 + \frac{9 \cdot \eta_c}{U_{KM} \cdot d \cdot \rho_r} - \frac{9 \cdot \eta_c}{U_{KM} \cdot d \cdot \rho_r} \cdot 3 \sqrt[3]{\frac{\pi \cdot \rho_r}{6 \cdot C_M}} \right),
 \end{aligned} \tag{11}$$

где C_M - концентрация магнитных частиц, кг/м³; C_H - концентрация немагнитных частиц, кг/м³; C_0 - общая концентрация частиц, кг/м³; U_{KM} - максимальная скорость осаждения частиц, м/с; χ_T - магнитная восприимчивость частиц; μ_0 - магнитная постоянная; H - напряженность поля, А/м; η_K - степень коагуляции.

Система уравнений (11) является методом расчета электромагнитных отстойников для очистки жидкостей, содержащих ферромагнитные частицы. Входящий в систему (11) параметр η_K , определяется экспериментально. Его аналитический расчет представляет значительные трудности; на основе опытов для частиц железного порошка при $5 \leq C_0 \leq 20$ г/л и напряженности $0 \leq H \leq 4 \cdot 10^4$ А/м установлено, что η_K определяется по формуле [12]:

$$\eta_{rc} = 1 - \exp \cdot (-b \cdot C_0 \cdot H) \tag{12}$$

где $b = 7,5 \cdot 10^6$ м⁴ /кг·А,

Метод расчета (11,12) был проверен экспериментально; схема экспериментальной установки приведена на рис. 3.

Магнитное поле создавалось соленоидом 1, образованным дву-

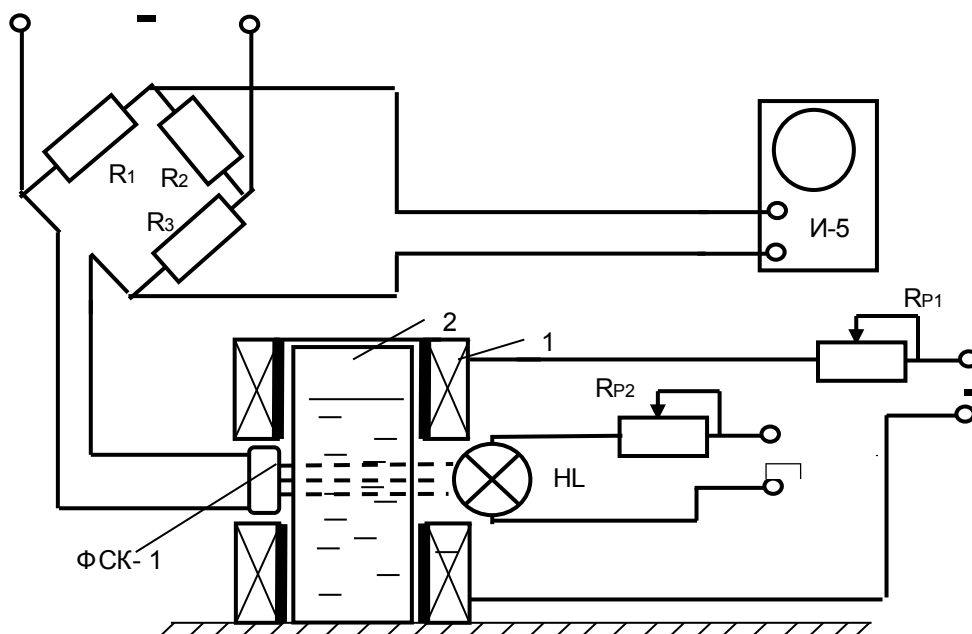


Рис. 3. Схема установки для исследования осаждения частиц из суспензии обработанной магнитным полем

мя намагничивающими катушками, питаемыми постоянным током. Напряженность поля внутри соленоида регулировалась изменением тока в катушках реостатом R_{p1} . Катушки прямоугольной формы (115x60x110, число витков 850 каждая, провод ПЭЛ -1,44) устанавливались соосно на расстоянии 30мм одна от другой. В центре соленоида помещалась стеклянная кювета 2 прямоугольной формы (55 x 55 x 90мм), у которой одна пара противоположных граней была не прозрачной. Исследуемая суспензия наливалась в кювету, на прозрачные грани направлялся световой поток (высота столба суспензии над световым потоком составляла $h = 0,03$ м) создаваемый лампой HL. Мощность светового потока регулировалась реостатом R_{p2} . Изменение светового потока в зависимости от скорости осаждения частиц из суспензии регистрировалось двумя параллельно соединенными фоторезисторами, включенными в одно из плеч измерительного моста постоянного тока (остальные плечи моста постоянны $R_1=R_2=R_3=43$ кОм). Регистрирующим прибором служил электронный индикатор И-5, включенный в диагональ моста. Схема питалась постоянным стабилизированным напряжением 300В. Благодаря использованию индикатора И-5, измерительная схема не требовала специальной юс-

тировки и отладки. Приведение ее в рабочее состояние заключалось в установлении луча индикатора И-5 в начало градуированной сетки экрана, когда в кювете находилась чистая вода.

В отсутствие поля была снята зависимость между шкалой сетки экрана индикатора и концентрацией частиц в суспензии (рис.4); в диапазоне 0,1 - 1,0 г/л эта зависимость оказалась линейной.

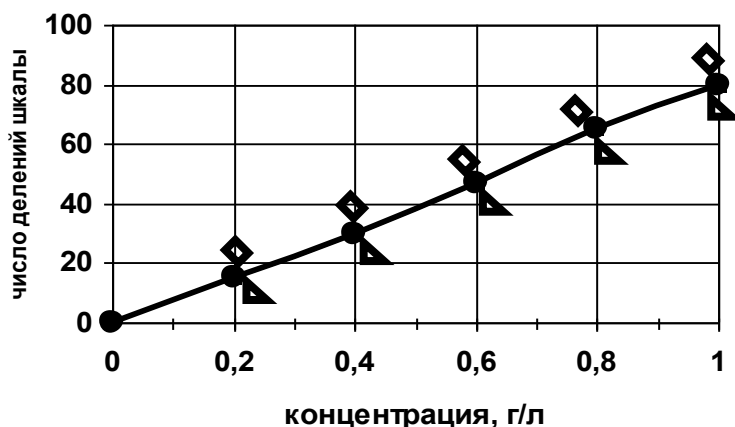


Рис.4. Градуировочная зависимость между числом делений шкалы осциллографа и концентрацией частиц в суспензии

Распределение напряженности H магнитного поля внутри соленоида от силы I тока (а) и длины катушек (б) показано на рис. 5.

Из графиков видно, что неоднородность поля в области нахождения кюветы и измерительного элемента ФСК-1 не превышают 10% , кривые 2,3 рис. 5,а.

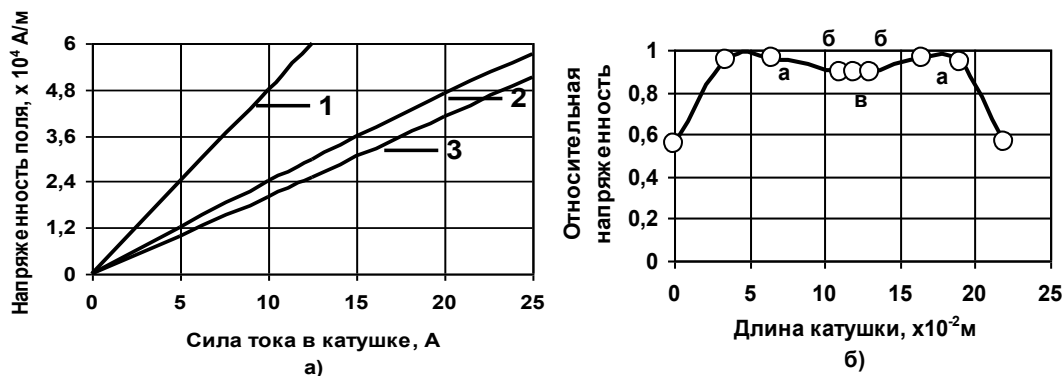


Рис.5. Зависимость напряженности магнитного поля внутри катушек от силы тока а) и их длины б). 1.а, а - в центре; 2.б, б - на торцах; 3. в - на уровне ФСК-1

Кювета с суспензией с известной концентрацией частиц помещалась в соленоид и обрабатывалась магнитным полем заданной

напряженности в течение 0,5 -1,0 с, после чего поле снималось и регистрировалось изменение светового потока в течение 5 мин. На рис. 6 приведена зависимость $C = f(\tau, C_0, H)$ изменения концентрации частиц в суспензии от времени и различных значениях напряженности

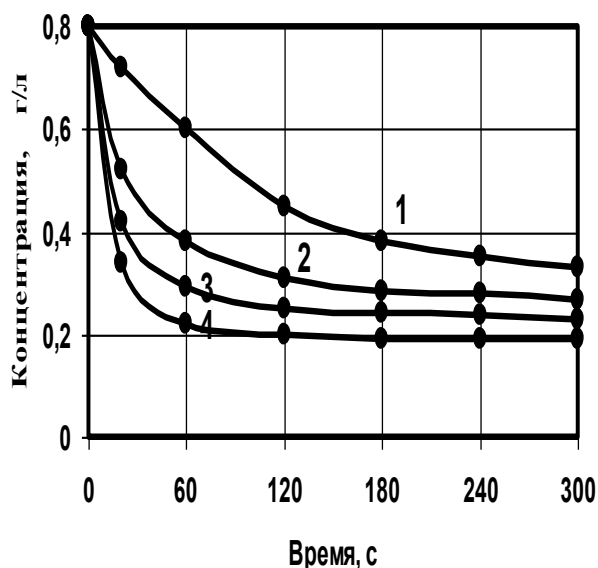


Рис. 6. Изменение концентрации частиц в суспензии (вода + железный порошок) от времени и напряженности магнитного поля (средний размер частиц 6 мкм; 1. – $H = 0$; 2. – $H = 0,8 \cdot 10^4$ А/м; 3. – $H = 2,4 \cdot 10^4$ А/м; 4. – $H = 4 \cdot 10^4$ А/м; $C_0 = 0,8$ г/л; $h = 0,003$ м)

Из графика (рис. 6) видно, что обработка магнитным полем суспензии, приготовленной из частиц пыли железного порошка и воды, заметно влияет на изменение концентрации уже при напряженности поля в $0,8 \times 10^4$ А/м (1. при $H = 0$; 2 - 4 при $H \neq 0$;). Наибольшее изменение концентрации в суспензии наблюдалось при обработке ее магнитным полем, напряженностью $4,0 \times 10^4$ А/м. Дальнейшее увеличение напряженности магнитного поля практически не вызывало прироста степени очистки $\mathcal{E} = f(\tau, C_0, H)$ суспензии (рис. 7).

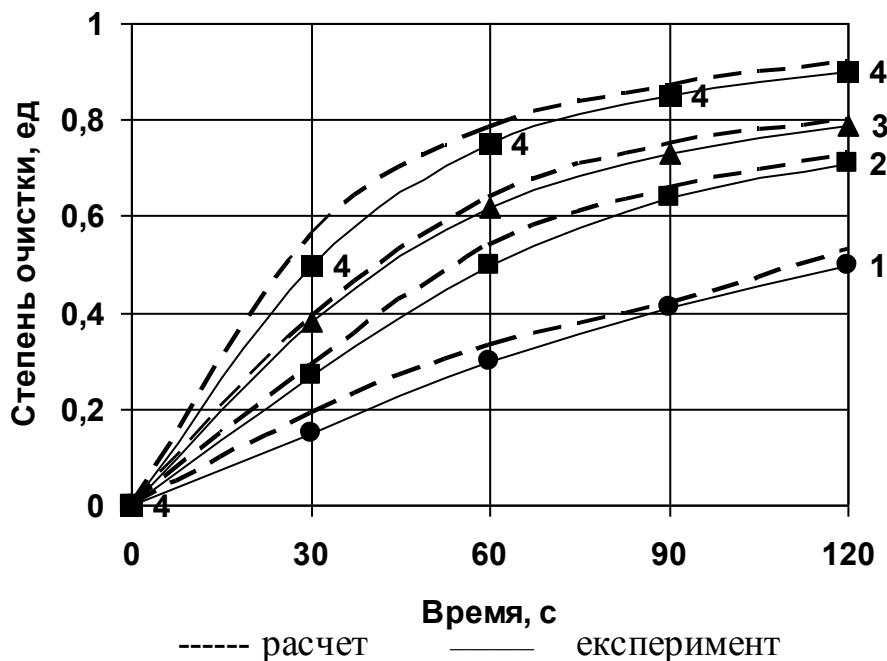


Рис. 7. Зависимость степени очистки суспензии (вода + железный порошок) от времени и напряженности магнитного поля (средний размер частиц 6 мкм; 1. – $H = 0$; 2. – $H = 0,8 \cdot 10^4 \text{ А/м}$; 3. – $H = 2,4 \cdot 10^4 \text{ А/м}$; 4. – $H = 4 \cdot 10^4 \text{ А/м}$; $C_0 = 0,8 \text{ г/л}$; $h = 0,003 \text{ м}$

Приведенные экспериментальные и расчетные зависимости очевидны и не требуют особых пояснений, погрешность при их сопоставлении не превышала 10 %.

Метод расчета электромагнитных отстойников предполагает дискретную обработку суспензий постоянным магнитным полем; время обработки для осуществления процесса коагуляции магнитных частиц рекомендуется не более 0,5 с.

Выводы. По сравнению с существующими методами, предлагаемый метод расчета отстойников (18) учитывает параметры магнитного поля, вызывающего вынужденную коагуляцию магнитных частиц.

Литература

- 1 Сочнев А.Я. Теоретическое определение напряженности магнитного поля, создаваемого многополюсной электромагнитной системой//Журн. технич. физ., 1936. – т. 6. – вып. 3. – с. 14.
- 2 Деркач В.Г. Специальные методы обогащения полезных ископаемых. М.: Наука, 1966. – с. 338.
- 3 Круг К.А. Основы электротехники. М.: Л.: Госэнергоиздат, 1946. – 472 с.

4. Кармазин В.И. Современные методы обогащения руд черных металлов. М.: Гостехиздат, 1962. – 659 с.
5. Циборовский Я. Основы процессов химической технологии//Пер. с польск. – Л.: Химия, 1967. – 719 с.
6. Фукс Н.А. Механика аэрозолей. – М.: АН СССР, 1955.- с.
7. Просвирнин В.И., Бакулина Т.Г., Дюжикова Т.Н. Расчет электромагнитных отстойников для технических жидкостей // Труды Таврической государственной агротехнической академии. – Вып. 2, Т. 8. – Мелитополь: ТГАТА. - 1999.- С. 43-48 с.

CLEARING OF TECHNICAL LIQUIDS IN MAGNETIC SEDIMENT BOWLS

V. Prosvirnin, E. Masjutkin, V. Gulevsky

Summary

The design procedure of electromagnetic sediment bowls for the technical liquids containing magnetic impurity is developed.

ЗМІСТ

<i>Крыжачковський Н. Л., Просвірнин В. І.</i> „Основы рационального сельского хозяйства” – из прошлого в будущее.	3
<i>Кюрчев В. Н., Просвірнин В. І.</i> , Моделирование гидропривода и его элементов на ПЭВМ.	24
<i>Просвірнин В. І., Масюткин Е. П., Разоренова М.</i> Математическая модель коагуляции частиц в магнитном поле.	31
<i>Просвірнин В. І., Масюткин Е. П., Гулевский В. Б.</i> Очистка технических жидкостей в магнитных отстойниках.	39
<i>Масюткин Е. П., Просвірнин В. І., Кузнецов И. О.</i> Расчет электромагнитных циклонов.	47
<i>Юдовинский В. Б., Просвірнин В. І., Красавчиков М. В., Масюткин Д. Е.</i> Очистка масел технологического оборудования машиностроения.	54
<i>Хассай Д. В., Богатырев Ю. О., Просвірнин В. І.</i> Расчет электромагнитных сепараторов.	65
<i>Катюха Д. А., Рогач Ю. П., Просвірнин В. І.</i> Оперативное регулирование влажности почвы при выращивании овощных культур.	75
<i>Надыкто В. Т.</i> Анализ управляемости и устойчивости движения МТА на основе МЭС универсально – пропашного назначения	80
<i>Найдиш А. В.</i> Напрямок геометричного моделювання розв’язання екстремальних задач з недиференційованими функціями	95
<i>Найдиш В. М.</i> Дискретне геометричне моделювання: сутність, особливості, різновиди.	100
<i>Овчаров В. В., Овчаров С. В., Курашкін С. Ф., Вітер В. А.</i> Експлуатаційні режими роботи асинхронних електродвигунів в умовах порівнянної потужності.	106
<i>Пиротти Е. Л., Мунтян В. А.</i> Расчетные соотношения для определения электрофизических параметров веществ с использованием бисферического резонатора	110
<i>Свергун Ю. Ф., Серета А. И., Черенков А. Д.</i> Теоретический анализ по определению параметров упругих колебаний для первичной обработки шерсти	117
<i>Федорейко В. С.</i> Регулювання швидкісних режимів технологій як ефективний засіб енергозбереження	123
<i>Рогач Ю. П., Коломієць С. М.</i> Пошуки раціональної конструк-	129

тивно-технологічної схеми просівача.	
<i>Діордієв В.Т., Лобода О.І.</i> Ефективність впровадження автоматизації процесів виробництва кобикормів в умовах господарств.	132
<i>Попова І.О.</i> Аналіз режиму роботи асинхронного двигуна при глибокій несиметрії напруг мережі і з'єднанні нульових точок джерела живлення і обмотки статора.	138
<i>Берека О.М., Червінський Л.С., Салата М.П., Квіцинський А.А., Назаренко І.П.</i> Вплив температури на електричні властивості зернової маси ячменя пивоварного	143
<i>Пастушенко С.И.</i> Эксергетические и эксергоэкономические критерии оптимальности систем гидроприводов сельскохозяйственных машин (СГСМ)	147
<i>Кушлик Р.В., Яковлев В.Ф., Микитенко О.В.</i> Експериментальні дослідження сухих речовин в томатному соку акустичним методом.	158
<i>Педченко П.В., Педченко Г.П.</i> Основні шляхи забезпечення фермерських господарств сільськогосподарською технікою	163
<i>Федюшко Ю.М., Борохов І.В.</i> Застосування енергії УЗ хвиль в процесах переробки сільськогосподарської продукції	168
<i>Стьопин Ю.О.</i> До питання про зниження енерговитрат у спорудженнях захищеного ґрунту.	176
<i>Шевченко І.А.</i> Адаптивні екофільні ґрунтообробні технології та машини як основа розвитку системи керованого землеробства	179
До 70-річчя Просвірніна В.І.	185
Зміст	187

Наукове фахове видання

Праці Таврійської державної агротехнічної академії

Випуск 24

Свідоцтво про державну реєстрацію – КВ № 8272
від 24.12.2003 р.

Відповідальний за випуск – Просвірнін В.І.

Підписано до друку 22.11.2004р. друк офсетний,
умов. друк. арк. 10.3, тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун, друкарня "Люкс",
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10