

## Література

1. Буянов, Р. А. Изучение механизма зарождения и роста кристаллов гидроксида железа [Текст] / Р. А. Буянов, О. П. Криворучко, И. А. Рыжак // Кинетика и катализ. — 1991. — № 13. — С. 470—478.
2. Cornell, B. Structure of colloidal goethite [Текст] / B. Cornell // Colloids & Surfaces. — 1996. — № 40. — Р. 4036.
3. Pfeffer, Z. Polymer state of precipitated goethite [Текст] / Z. Pfeffer // Inorgan. Chem. — 1997. — № 56. — Р. 261.
4. Химия координационных соединений : учеб. [Текст] / под ред. Дж. Бренар. — М. : Изд-во иностр. лит., 1988. — 379 с.
5. Von, K. Wefer. Construction and formation mechanism of goethite particles [Текст] / Von K. Wefer // J. Colloid Interface Sci. — 2001. — № 43. — Р. 677.
6. Рыжак, И. А. Изменение структуры трёхвалентного гидроксида железа [Текст] / И. А. Рыжак, О. П. Криворучко, Р. А. Буянов, Л. М. Кефели, А. А. Останьович // Кинетика и катализ. — 1989. — № 10. — С. 377—385.

**Abstract**

The article describe a hydrometallurgical method of nickel (II) selective extraction from secondary raw material using ammonia solution. The main aim of the research is to define kinetic parameters of the process. An optimal composition of a buffer solution for nickel (II) selective extraction and molar ratio of its ingredients, that were defined by authors, gave important data base for studying kinetics of the buffer solution interaction with initial secondary raw material that contains nickel. Modern analysis techniques usage allows to accomplish control of completeness of nickel extraction. Mathematical treatment allows to get important dependences of nickel (II) rate of extraction on temperature and contact time, that are required for calculation of kinetic parameters of the process. A technique to calculate the kinetic parameters allows to get essential information that is important in choosing a better hydrometallurgical method of treatment of secondary raw material that contains nickel. The main goal it is implementation in industry. The obtained results can be used in inorganic synthesis and non-ferrous metal production from a secondary raw material. Defined kinetic parameters of the process allow to optimize it both technologically and economically

**Keywords:** nickel (II) hydroxide, extraction, concentration

*Розглянуті питання гідродинаміки віброкиплячого шару. Наведені результати експериментів, що дозволяють проаналізувати поведінку дисперсних матеріалів в процесі обтікання віброкиплячим шаром занурених елементів. Показано, що при обтіканні шаром занурених елементів може проявлятися поперечна в'язкість шару*

**Ключові слова:** віброкиплячий шар, занурені елементи, циркуляційні струми, в'язкість шару

*Рассмотрены вопросы гидродинамики виброкипящего слоя. Приведены результаты экспериментов, позволяющие проанализировать поведение дисперсных материалов в процессе обтекания виброкипящим слоем погружных элементов. Показано, что при обтекании слоем погружных элементов может проявляться поперечная вязкость слоя*

**Ключевые слова:** виброкипящий слой, погружные элементы, циркуляционные токи, вязкость слоя

УДК 66.01: 66.011

## К ВОПРОСУ ОБТЕКАНИЯ ВИБРОКИПЯЩИМ СЛОЕМ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**С. А. Русанов**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: (0552) 36-34-57

E-mail: ohvpbm@i.ua

**Г. В. Никитенко**

Аспирант\*

Контактный тел.: (0552) 23-02-85

E-mail: ohvpbm@i.ua

**К. В. Луняка**

Доктор технических наук, профессор\*

Контактный тел.: (0552) 55-26-11

E-mail: ohvpbm@i.ua

\*Кафедра оборудования промышленных предприятий  
Херсонский национальный технический университет  
Бериславское шоссе, 24, г. Херсон, Украина, 73008

---

## Введение

---

Большую часть физических процессов и химических реакций, интенсифицируемых вибрацией, реализуют в специальных вибрационных аппаратах. Из этих аппаратов наибольшее значения имеют аппараты с виброкипящим слоем сыпучего вещества в воздушной или иной газовой среде и аппараты с вибрационным перемешиванием суспензий, эмульсий и потоков газовых пузырьков в жидкостях. К таким аппаратам относятся: аппараты с вибрирующей камерой или лотком, аппараты с введенными в слой сыпучего материала вивропобудителями – трубами, пластинами (теплообменники, сушилки, охладители) [1]. Такой широкий спектр использования виброкипания обусловлен значительной интенсификацией обменных процессов, которая обычно наблюдается при использовании вибрации. Кроме того с ростом мощностей и объема производства все более увеличиваются масса и габариты применяемых аппаратов, на изготовление которых расходуется немало средств и материалов. Оборудование с виброкипящим слоем обычно является менее габаритным и металлоемким, по сравнению со стандартными аналогами. Секционные теплообменные аппараты с виброкипящим слоем [2,3] позволяют использовать погружные теплоотдающие или тепловоспринимающие элементы, которые в процессе работы оборудования омываются виброкипящим слоем сыпучего материала. Такие аппараты имеют меньшую в сравнении с аналогами металлоёмкость при сохранении площади теплообмена. К сожалению, на сегодня нет исследований, на основании которых можно создать эффективные методы проектирования подобных аппаратов, так как вопрос гидродинамики и теплообмена виброкипящего слоя для внешней гидродинамической задачи обтекания погружных элементов остается нерешенным.

---

## Цель работы

---

Для создания единых методов расчета и конструирования указанных аппаратов необходима наработка достаточной экспериментальной базы по гидродинамике обтекаемых виброкипящим слоем погружных элементов (секций змеевика). В данной работе изложены некоторые результаты соответствующих исследований применительно к аппаратам [3] с установленными погружными элементами.

---

## Изложение основного материала

---

В работах [4-6] детально рассматривалась гидродинамика виброкипящего слоя, движущегося без препятствий вдоль вибрирующей пластины [5], отдельно рассматривалась задача по движению виброкипящего слоя между двух вибрирующих поверхностей [6]. Для решения указанных задач на основании модели виброкипания, изложенной в [4-6] была создана система автоматизированного моделирования гидродинамики виброкипящих слоев «Виброслой-1.x» [7]. Обработка результатов моделирования показала, что при течении виброкипящего слоя вдоль вибрирующей пластины

без дополнительных гидросопротивлений сам слой с точки зрения виброреологии [8] соответствует по своим макропараметрам псевдопластической жидкости [9].

Однако полученные в [4-6,9] результаты не могут быть непосредственно перенесены на задачу обтекания погружных элементов в связи с тем, что, как указывалось в [9], геометрия канала и условия подведения вибрации для виброкипящего слоя выполняют функцию не только граничных условий, но и значительно влияют на свойства того псевдооднородного континуума, который рассматривается при описании процесса виброкипания с виброреологических позиций. Кроме того, в доступной литературе нет экспериментальных исследований по обтеканию погружных элементов, которые можно было бы принять в качестве тестовой задачи. В связи с этим нами была проведена серия экспериментов по исследованию обтекания погружных элементов виброкипящим слоем на вибростенде [патент № 56670 от 2011 года] с эксцентричным вибропобудителем.

Для проведения экспериментальных исследований применялись материалы, которые по значениям среднего диаметра частиц и насыпной объемной массы, значительно отличаются друг от друга. В качестве таких материалов были выбраны речной песок, ячневая и рисовая крупа, сахар. Для определения скорости движения частиц материала при обтекании горизонтальных цилиндрических элементов (элементов змеевика) была использована видеосъемка и последующая кадровая обработка. Частоту колебаний уточняли с помощью акустических измерений.

Характерная картина обтекания цилиндра указана на рис. 1 а. Зависимость средней скорости вибротранспортирования от угла наклона балки и частоты колебаний грузонесущей поверхности указаны на рис. 1 б.

Были проведены аналогичные исследования по обтеканию двух цилиндров в оси потока. Из анализов результатов видно, что можно прогнозировать асимптотическое приближение при прочих равных условиях скорости вибротранспортирования при увеличении количества погружных элементов к некоторому конкретному значению.

Картина линий тока (рис. 3 а) при обтекании двух цилиндров имеет некоторые характерные особенности, продиктованные в основном организацией циркуляционных токов в сечении потока, как это показано схематически на рис.3 б.

Обнаруженная картина циркуляционных токов заметно проявляется только при количестве цилиндров не менее двух. Для одного цилиндра (рис. 1 а) линии тока практически параллельны, что говорит об отсутствии или слабой выраженности вихревого течения в поперечном сечении. Как известно [11], подобные циркуляции указывают на проявление поперечной вязкости. Например, в [11] аналогичные циркуляции наблюдались для течения раствора гидроксилэтилцеллюлозы в каналах прямоугольного сечения. Для такого типа жидкостей, уравнение состояния которой может быть описано формулой Рейнера:

$$\sigma_{ij} = -p\delta_{ij} + \phi(I_2)B_{ij} + \sum_{k=1}^3 \psi(I_2)B_{ik}B_{kj},$$

где  $B_{ij} = \frac{\partial v_j}{\partial x_i} + \frac{\partial v_i}{\partial x_j}$  – компоненты тензора скоростей

деформации,  $v_i$  – компоненты вектора осредненной скорости частиц слоя,  $I_2 = \sum_{i,k=1}^3 B_{ik} B_{ki}$  – второй инвариант тензора скоростей деформации,  $\Psi(I_2)$  – поперечная вязкость,  $\sigma_{ij}, \delta_{ij}$  – компоненты тензоров напряжений и единичного тензора,  $\phi$  – вязкость жидкости,  $p$  – давление.

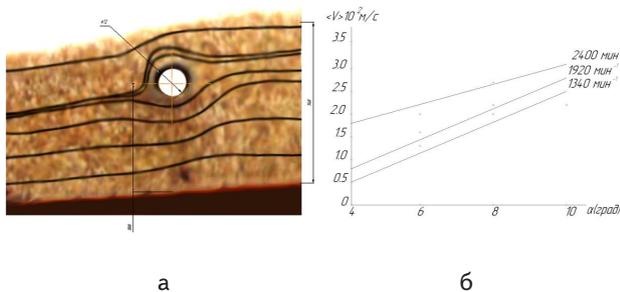


Рис. 1. Обтекание цилиндра виброкипящим слоем

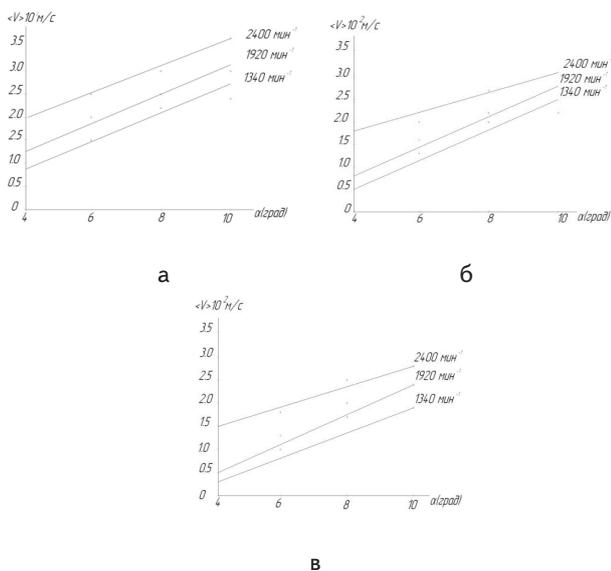


Рис. 2. Скорости вибротранспортирования при отсутствии сопротивлений (а), с одним (б) и двумя (в) цилиндрами

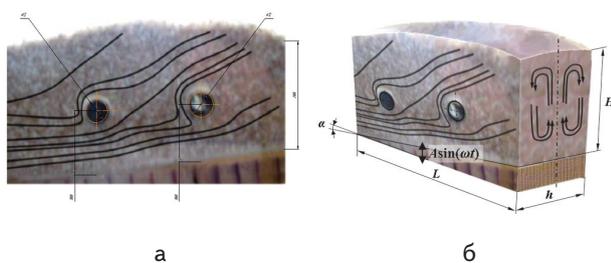


Рис. 3. Линии тока виброкипящего слоя при обтекании двух цилиндров (а) и схема циркуляционных токов в сечении (б)

**Выводы**

Таким образом, из результатов проведенной работы видно, что обтекание погружных элементов выявляет дополнительные особенности течения виброкипящего слоя с точки зрения виброреологического подхода, а именно: при обтекании цилиндрических погружных элементов возникают поперечные циркуляционные токи, что может свидетельствовать о проявлении поперечной вязкости псевдооднородного континуума. Для уточнения этих особенностей требуется дальнейшее проведение экспериментальных работ по внешней задаче гидродинамики касательно виброкипящего слоя и выявлению зависимости вязкости от параметров слоя и вибрации, что необходимо для прогнозирования поведения слоя для наперед заданных условий и надежного проектирования оборудования с виброкипящим слоем.

**Литература**

1. Варсанюфьев В.Д., Кольман-Иванов Э.Э. Вибрационная техника в химической промышленности. – М.: Химия, 1981. – 240 с.
2. Пат. № 28015 У Украина, МПК F28D7/10. Теплообмінник / С.А.Русанов, К.В.Луняка, О.І.Клюев. – № и 200707070; Заявлено 25.06.2007; Опубл. 26.11.2007; Бюл. № 19 – 6 с.
3. Пат.№56602Україна,МПКF28D7/10.ТЕПЛООБМІННИК ДЛЯ СИСТЕМИ СИПКИЙ МАТЕРІАЛ-РІДИНА/ Русанов С.А., Луняка К.В., Клюев О.І., Ардашев В.О. - № и201006513; Заявлено 25.01.2011; Надрук. 25.01.2011; Бюл. №19; 2011 р..
4. Русанов С.А., Луняка К.В., Смагін П.В. Дослідження процесу віброкипіння дисперсних середовищ // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. - №1. – С.132-141.
5. Русанов С.А., Луняка К.В., Чумаков Г.А. Особливості процесу віброкипіння шару сипкого матеріалу на вертикально віброуючих поверхнях // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2006. - №3(26). – С. 131-135.
6. Русанов С.А., Луняка К.В. Гідродинаміка віброкипячого шару, поперемінно контакуючого з двома віброуючими поверхнями. // Проблеми інформаційних технологій – 2007. – №2(002). – С.55-59.
7. Система автоматизованого моделювання гідродинаміки віброкипячих шарів “Виброслой 1.0”. Свідцтво про реєстрацію авторського права на твір №25051. / С.А.Русанов. 24961.№ : Заявл. 14.04.2008; Опубл. 24.07.2008.
8. Блехман И.И. Вибрационная механика. – М.: Физматлит, 1994. – 400 с.
9. Русанов С. А., Луняка К. В., Клюев О. І., Глухов Г. М. Математичне моделювання робочого процесу в апаратах з віброкипячим шаром та розробка систем автоматизованого моделювання гідродинаміки віброкипячих шарів//Автоматика. Автоматизация. Електротехнічні комплекси і системи. 2009. № 1 (23). С. 15–24.
10. Пат. №56670 Україна, МПК G01M 7/00. ВІБРОСТЕНД / Русанов С.А., Луняка К.В., Клюев О.І. - №и201007537; Заявлено 16.06.2010; Надрук. 25.01.2011; Бюл. №11; 2011 р.
11. Литвинов В. Г. Движение нелинейно-вязкой жидкости. – М.: Наука, 1982 – 322 с.

### Abstract

The article represents the behavior of dispersed materials during the flowing of submersible elements. Some research results, concerning this type of devices, are given. The central purpose of the research is to gain enough experimental background concerning the hydrodynamics of submersible elements (coil sections) flowed by vibratory boiling layer to make a single computing method and to design similar devices. The results obtained show that the flowing of submersible elements reveals additional peculiarities of the flow of vibratory boiling layer from the vibratory rheological approach. This means, while flowing cylindrical submersible elements the transversal circulating current appears. This indicates the appearance of transverse viscosity of pseudo homogeneous continuum. The diagrams of plot of vibratory carry speeds against the angle of the platform inclination and the vibration frequency were given. The streamlines for the flow of submersible elements by vibratory boiling layer were obtained. The streamlines pattern becomes apparent when the number of cylinders is more than two

**Key words:** vibratory boiling layer, submersible elements, circulating current, layer viscosity

УДК 678:547.633.6

## ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА СТРУКТУРНО- ОКРАШЕННОЙ АЛКИДНОЙ СМОЛЫ

**В.З. Маслош**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой  
Кафедра технологии высокомолекулярных соединений\*

Контактный тел.: (064) 535-15-84, 050-851-03-11

E-mail: masloshVZ@mail.ru

**Н.Н. Алексеева**

Аспирант\*

Контактный тел.: 066-917-29-62

E-mail: natalinik2000@mail.ru

**О.В. Маслош**

Кандидат химических наук, доцент  
Технологический институт\*\*

Контактный тел.: 095-164-85-91

**Г.А. Клименко**

Кандидат технических наук

\*Институт химических технологий

\*\*Восточноукраинский национальный

университет им. В.Даля

ул. Ленина, 31, г. Рубежное,

Луганская область, Украина, 93010

Описано спосіб отримання структурно-зabarвленої алкідної смоли, модифікованої маслом. Спосіб відрізняється від традиційної схеми отримання алкідної смоли, модифікованої маслом, тим, що по закінченню переетерифікації в суміш вводять азокпигмент, як комономер

**Ключові слова:** модифікація, азокпигмент, валентні коливання

Описан способ получения структурно-окрашенной алкидной смолы, модифицированной маслом. Способ отличается от традиционной схемы получения алкидной смолы, модифицированной маслом, тем, что по окончанию переэтерификации в смесь вводят азокпигмент, как сомономер

**Ключевые слова:** модификация, азокпигмент, валентные колебания

Применение большинства окрашенных полимеров связано со стадией крашения, суть которой состоит в смешении полимера и частичек красящего вещества [1]. Для равномерного крашения необходимо произвести диспергирование красящего вещества, которое, как правило, находится в виде агломератов, которые необходимо измельчить до единичных агрегатов. Используемые красящие вещества часто характеризуются

повышенной гидрофильностью, что препятствует достижению равномерного окрашивания полимерного материала. Кроме того, повышенная склонность красящих веществ к образованию агломератов и подчас недостаточная эффективность диспергирующего оборудования затрудняет оптимальное использование красящих свойств пигментов [2].