

П.А. БАКУМ

(Україна, Днепропетровск, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ПОДАЧИ ПИТАНИЯ В ВЕРТИКАЛЬНОМ СГУСТИТЕЛЕ-ДЕШЛАМАТОРЕ

Специфика конструктивного исполнения сгустителей-дешламаторов, применяемых на обогатительных фабриках, может приводить к возникновению неблагоприятной гидродинамики потоков, в частности, к образованию дополнительных циркуляционных нагрузок (вихрей) и локальных зон выноса полезных компонентов. В результате, эффективность использования аппаратов (сооружений) данного типа достигает всего 30-40% [1].

Исследования в области интенсификации процессов сгущения-дешламации свидетельствуют о том, что существует резерв в области модернизации и реконструкции действующих сгустителей. Так, на формирование гидродинамики потоков, а следовательно и на эффективность сгущения, влияет тип загрузочного (питающего) устройства, который, по сути, и формирует взвешенные потоки в объеме аппарата [2-4].

Целью данной работы является обоснование рационального типа питающей насадки для вертикального сгустителя-дешламатора на основе анализа сепарационных характеристик и гидродинамических картин питающих насадок: перфорированного стакана и гасительной решетки.

Для моделирования работы вертикального сгустителя-дешламатора была разработана лабораторная установка, позволяющая получать питание заданного качества и концентрации (рис. 1). Площадь гасительной решетки и нижней части перфорированного стакана были приняты равными 10% площади сгущения аппарата (А.В. Кириченко, Л.М. Полежаева, Ю.М. Головнин, В.С. Горсков "Повышение эффективности радиальных сгустителей")

Работа на установке осуществляется следующим образом. В цилиндрическую емкость питателя 8, закрепленного с помощью штатива 6, загружается исходный влажный песок. Далее до заданной отметки на питателе заливается вода. Просачиваясь через слой песка, вода переводит его в текучее состояние. Благодаря установленному в питателе дозатору 7 мокрый песок тонкой струйкой стекает в питающей трубе, где происходит его разбавление дополнительным потоком воды. Расход воды устанавливается с помощью вентильного крана 5. Таким образом разбавленная суспензия поступает в питающую насадку 4, проходя через которую направляется в цилиндрическую емкость вертикального сгустителя 9. Далее суспензия движется в направлении сливного желоба 2. Осажденный в конической части сгустителя песок под действием гравитационных сил сползает к песковой насадке 10 и накапливается в цилиндрической емкости 1.

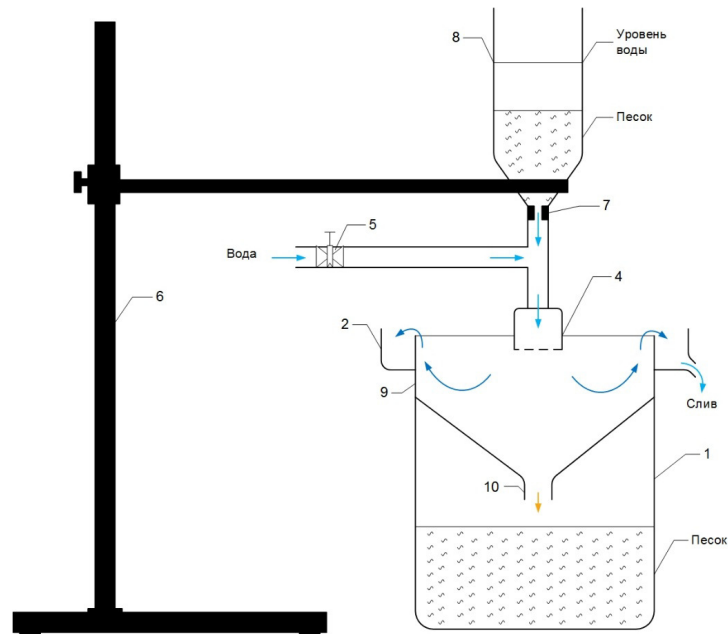


Рис. 1. Конструкція і принцип дії лабораторної установки вертикального сгустителя

Для установлення постійного расхода песка необходимо его периодически добавлять в емкость питателя, а также держать на заданной отметке уровень воды.

Геометрические размеры данной установки следующие: общая высота сгустителя – 0,12 м; высота цилиндрической части – 0,06 м; диаметр цилиндрической части – 0,18 м; угол наклона конусной части – 45° ; диаметр питающей насадки – 0,055 м ($\approx 10\%$ от площади сгустителя). Внешний вид установки представлен на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид лабораторной установки вертикального сгустителя

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Целью экспериментальных исследований являлось определение сепарационной характеристики вертикального сгустителя-дешламатора в зависимости от удельной объемной производительности суспензии по питанию.

Исследования проводились на идентичных пробах кварцевого песка. Сравнительным критерием эффективности использования объема аппарата и протекания процесса сгущения являлась сепарационная характеристика, показанная на рис. 3. Данная характеристика описывает зависимость вероятности извлечения твердых частичек в слив от их крупности.

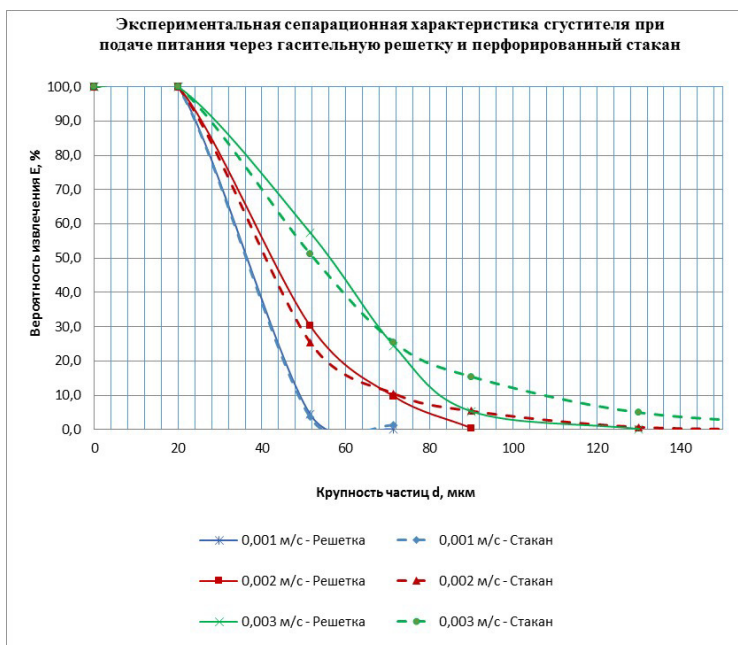


Рис. 3. Экспериментальные сепарационные характеристики сгустителя

Как видно из полученных кривых, характер сепарационной характеристики в вертикальном сгустителе при удельной производительности до $0,001 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ практически не зависит от способа подачи питания. В дальнейшем, при увеличении объемной производительности в питании до $0,003 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, можно наблюдать выпрямление кривой при подаче через перфорированный стакан. Это обусловлено тем, что в слив уходит сравнительно большее количество песка, размером свыше 70 мкм. Количество уносимых в слив глинистых частиц, наоборот, уменьшается.

Из экспериментальных данных можно предположить, что при использовании перфорированного стакана формируются суспензионные потоки в верхних слоях рабочей зоны сгустителя (на уровне глубины погружения перфорированного стакана). Как следствие, некоторая часть исходящего из питателя потока приобретает горизонтальную скорость в направлении слива, благодаря чему происходит вынос крупных частиц минерала. В результате, в рабочей зоне аппарата снижается скорость вертикально восходящих потоков, и создаются благоприятные условия для осаждения мелких глинистых частиц.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Для анализа гидродинамической картины потоков в вертикальном сгустителе использовалась система автоматизированного проектирования SolidWorks Flow Simulation. В основе инженерного пакета Solidworks с приложением Flow Simulation для расчета потоков жидкости лежит метод конечных объемов. Это означает, что расчетная область разбивается на элементы кубической формы (размер которых определяется величиной проточных каналов), в каждом центре грани которых производится вычисление значений функций параметров потока (давление, скорость, силовое воздействие) и их производных [5, 6].

Для проведения вычислительного эксперимента были разработаны 3-D модели сгустителя-дешламатора с питателями в виде перфорированного стакана и гасительной решетки (рис. 4) с целью дальнейшего обоснования применения той или иной насадки питающей трубы.

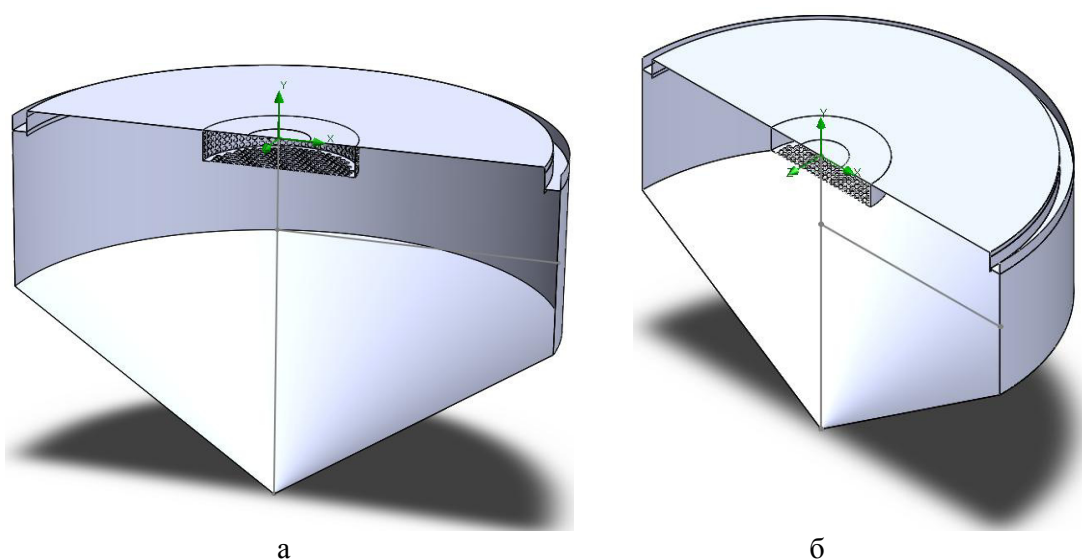
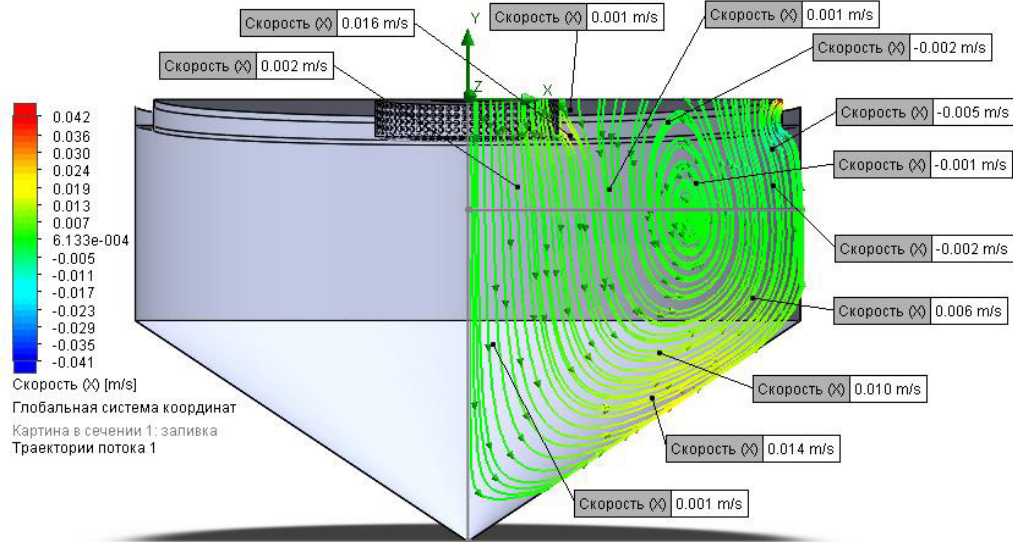


Рис. 4. 3-D модель сгустителя-дешламатора:
а – с перфорированным стаканом в разрезе (диметрия);
б – с гасительной решеткой в разрезе (изометрия)

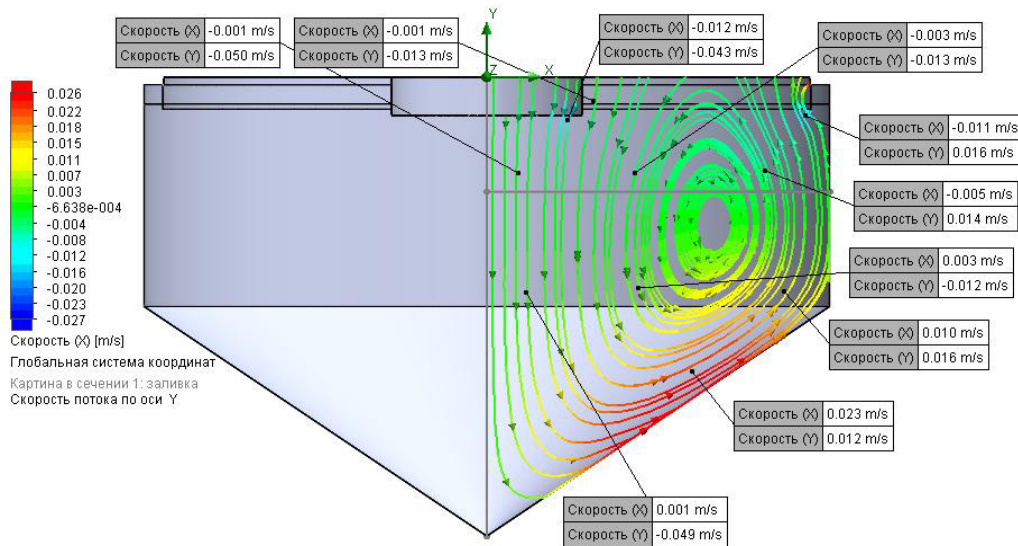
При исследовании гидродинамики потоков в сгустителе гравитационного типа были установлены абсолютные значения и векторное распределение скоростей потоков. На рисунках 3-7 представлены результаты вычислительных экспериментов при удельной производительности $q = 0,003 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сек})$.

Общий вид траектории потока горизонтальной составляющей скорости X показан на рисунке 5. Как видно, центральный поток движется к днищу аппарата и далее, пройдя по днищу, направляется к периферии, поднимается вдоль стенок аппарата и разделяется на два потока: одна часть направляется в сторону слива, а другая – образует циркуляционные завихрения.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство



а

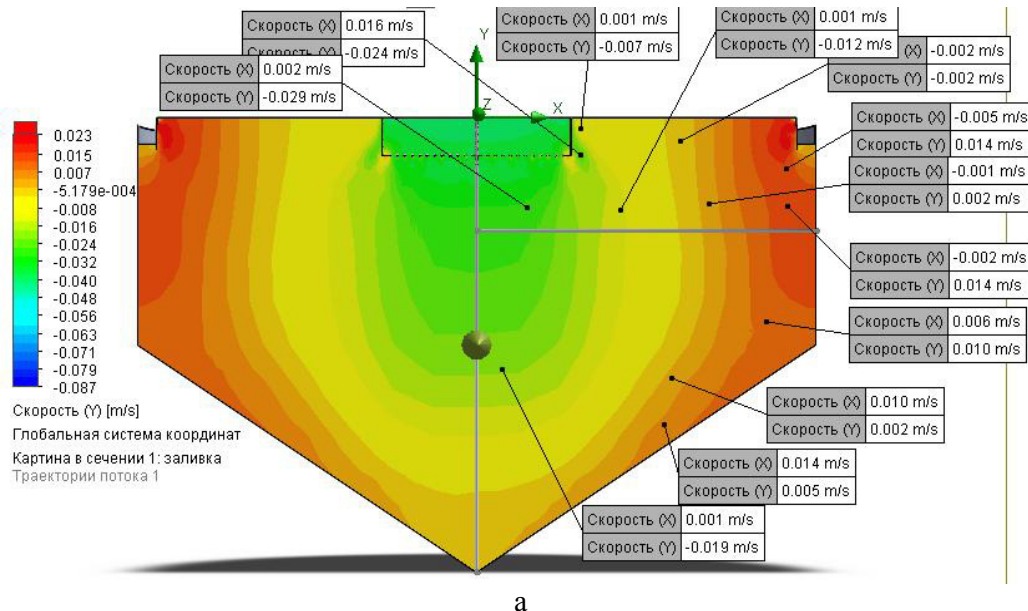


б

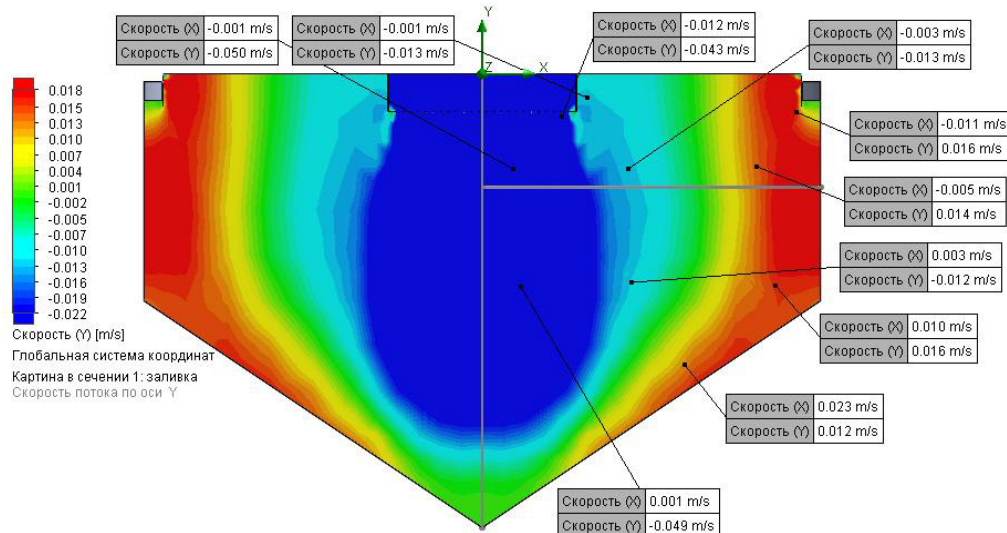
Рис. 5. Траектории потока горизонтальной составляющей скорости X в вертикальном сгустителе через горизонтальную прямую. Картина в сечении: а – сгуститель с перфорированным стаканом; б – сгуститель с гасительной решеткой

На рисунке 6 сопоставлены картины вертикальной составляющей скорости Y в вертикальном сгустителе с перфорированным стаканом и гасительной решеткой. Как видно из рисунка, составляющая скорости потока Y сгустителя с гасительной решеткой превышает соответствующие значения для варианта сгустителя с перфорированным стаканом. Это можно объяснить тем, что перфорации в боковой стенке способствуют рассеиванию кинетической энергии потока воды и создают дополнительные потоки горизонтальной направленности. Следовательно, при подаче питания через гасительную решетку ожидаемое извлечение минеральных частичек в слив должно быть выше, нежели при подаче питания через перфорированный стакан.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство



а



б

Рис. 6. Распределение вертикальной составляющей скорости Y в вертикальном сгустителе. Картина в сечении:
а – сгуститель с перфорированным стаканом;
б – сгуститель с гасительной решеткой

Однако, приведенные выше сепарационные характеристики при различных режимах подачи питания свидетельствуют об обратном (рис. 3), и в этой связи необходимо проанализировать распределение горизонтальной составляющей скорости потока.

На рис. 7 представлено распределение горизонтальной составляющей скорости X в вертикальном сгустителе с перфорированным стаканом и с гасительной решеткой.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

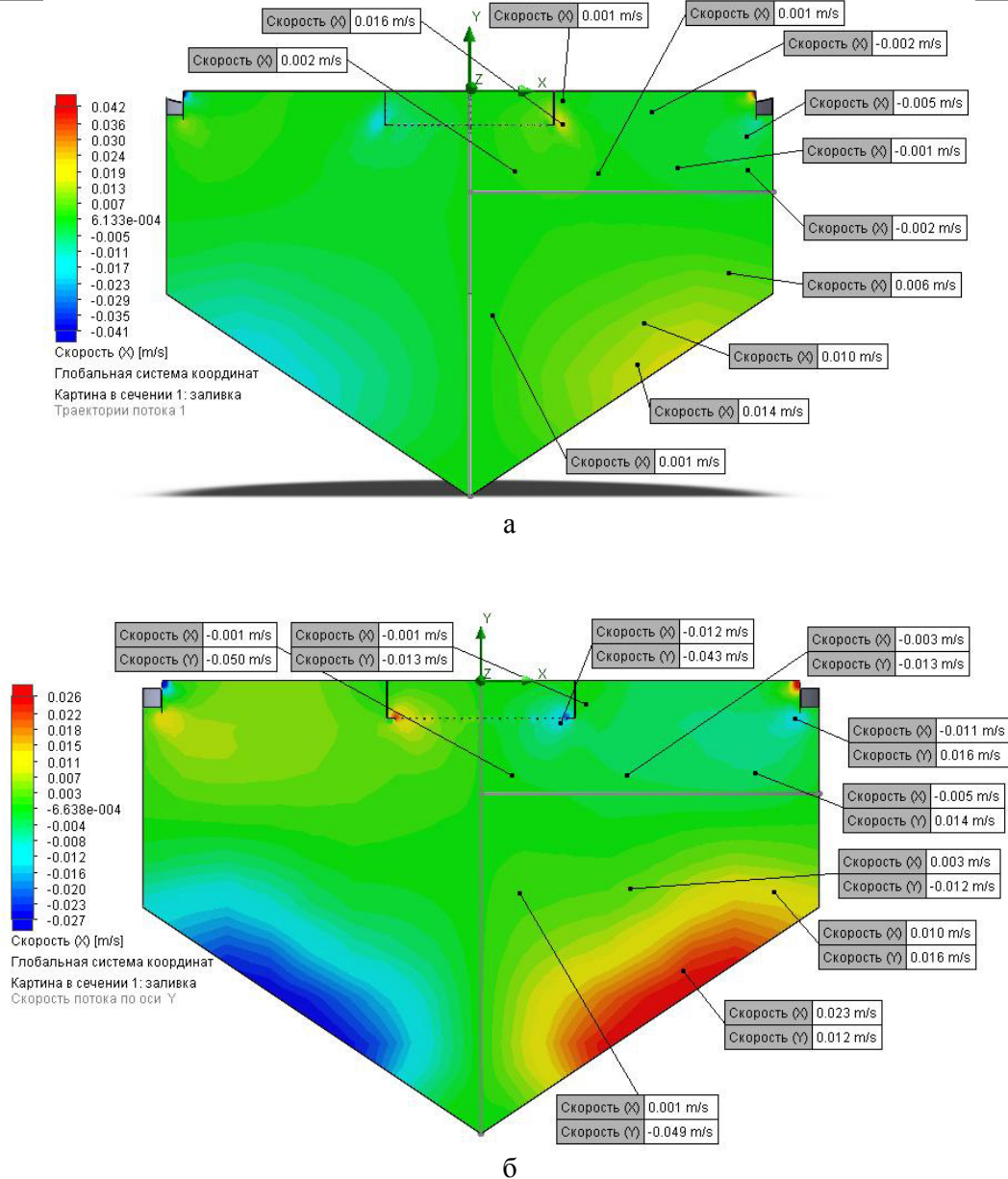


Рис. 7. Распределение горизонтальной составляющей скорости X в вертикальном сгустителе. Картина в сечении: а – сгуститель с перфорированным стаканом; б – сгуститель с гасительной решеткой

Программа SolidWorks Flow Simulation позволяет получать отображение требуемого параметра вдоль любой прямой (кривой) линии или на поверхности модели. Поэтому, чтобы оценить влияние типа питающей насадки на распределение скоростей в объеме сгустителя, были построены соответствующие графики распределения вертикальной и горизонтальной составляющих скорости потока вдоль прямой, параллельной зеркалу перелива (рис. 8, 9). Прямая линия расположена на уровне середины цилиндрической части сгустителя, на глубине 3 м от зеркала перелива.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

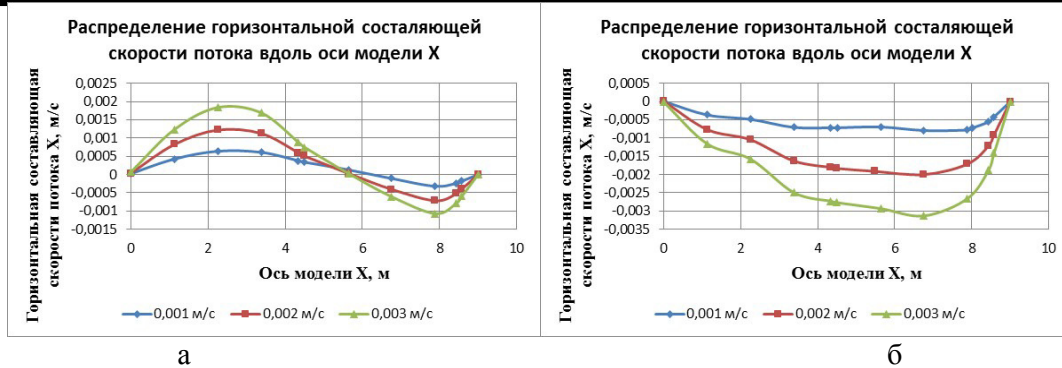


Рис. 8. Распределение горизонтальной составляющей скорости X в вертикальном сгустителе по оси модели X :
а – сгуститель с перфорированным стаканом;
б – сгуститель с гасительной решеткой

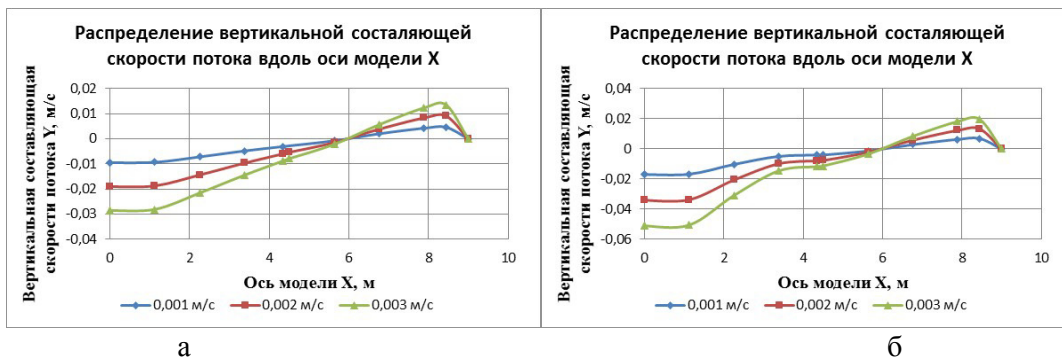


Рис. 9. Распределение вертикальной составляющей скорости Y в вертикальном сгустителе по оси модели X :
а – сгуститель с перфорированным стаканом;
б – сгуститель с гасительной решеткой

Графическое отображение распределения скоростей потока вдоль прямой линии (рис. 8) показывает, что при подаче питания через перфорированный стакан, распределение горизонтальной составляющей скорости потока вдоль оси модели X до 5,6 м включительно находится в области положительных значений. То есть, поток воды осесимметрично растекается в сторону периферии аппарата (рис. 8 а), где далее, на расстоянии 6 м от оси симметрии, подхватывается вертикально восходящими потоками (рис. 9 а).

При использовании гасительной решетки весь поток вдоль прямой линии направлен от периферии аппарата к его центру, поскольку горизонтальная составляющая скорости потока X находится в области отрицательных значений. Такая картина гидродинамических потоков способствует сравнительно меньшему выносу минеральных частиц, чем при использовании перфорированного стакана, т.к. не позволяет частицам распределяться в объеме аппарата, а направляет их к днищу, где они значительно скорее оседают.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Анализ экспериментальных сепарационных характеристик позволяет считать, что при удельной производительности до $0,001 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ тип питающей насадки практически не оказывает влияния на форму кривой. При увеличении удельной производительности, в случае применения перфорированного стакана в качестве питающей насадки, в слив сгустителя-дешламатора извлекается сравнительно большее количество частиц кварцевого песка крупностью свыше 70 мкм, нежели при использовании гасительной решетки. При этом извлечение глинистых частиц, в данном случае, – снижается. Рассмотрение гидродинамических картин распределения скоростей потоков в объеме аппарата позволяет сделать вывод о том, что применение перфорированного стакана способствует дополнительному извлечению твердой фазы в слив вертикального сгустителя-дешламатора.

Таким образом, применение перфорированного стакана следует считать рациональным для радиальных (горизонтальных) сгустителей малой глубины, поскольку при этом формируются горизонтально направленные потоки и реализуется эффективное осаждение твердой фазы. Для вертикального сгустителя-дешламатора с большой глубиной осаждения предпочтительно применение центральной подачи питания через гасительную решетку, что обеспечит снижение потерь полезных компонентов при сгущении и чистоту сгущенного продукта в процессе дешламации.

Список литературы

1. Отстойники для очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gardenweb.ru/otstoiniki-dlya-otchistki-stochnykh-vod>
2. Филиппов Ю.М., Бочкарев Г.Р., Свердлин А.Б. О влиянии способа загрузки пульпы на гидродинамику и показатели работы радиального сгустителя // Вопросы обогащения полезных ископаемых Сибири. – Новосибирск, 1971. – С. 84-91
3. О возможности интенсификации процесса сгущения шламов в радиальных сгустителях / Ф.А. Барышников, Г.Р. Бочкарев, А.Б. Свердлин и др. // Вопросы обогащения полезных ископаемых Сибири. – Новосибирск, 1971. – С. 81-84.
4. Кривенко А.Ю. Оценка сепарационных характеристик дешламатора с учетом способа подачи исходного питания // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – 2009. – Вып. 39(80). – С. 99-106.
5. Лернер Д.Л. Характеристики устройства сопло-заслонка при обратном течении // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. – 2013. – № 35. – С. 83-100.
6. Справка по SOLIDWORKS. Обзор SolidWorks Flow Simulation [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://help.solidworks.com/2013/russian/SolidWorks/flopress/c_solidworks_flow_simulation_overview.htm?id=8ec32b414a534da6a9195b46f74d5a70

© Бакум П.А., 2014

*Надійшла до редколегії 19.10.2014 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Л.Ж. Горобець*