

**Нейтрализация агрессивных сточных вод на  
примере предприятия ОАО «Святогор»**



Группа компаний

**«ЭЛМА — АСТЕРИОН»**

г. Санкт-Петербург

# О КОМПАНИИ



**2004**

Год создания, основная специализация — химические насосы

**2010**

основание совместного российско-итальянского предприятия ЗАО «Астерион»-производство насосов с проточной частью из неметаллических материалов

**2013**

ЗАО Астерион — член ассоциации российских производителей насосов. Разработка и запуск производства перемешивающих устройств из композитных материалов.

**2020**

ООО Астерион — участник инновационного центра Сколково

**2021**

Численность компании более 50 человек



# Публикации

научных журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК:

Григорьева А.Н., Абиев Р.Ш., «Влияние геометрии перемешивающего устройства на диаметр зазоров воздуха при перемешивании в системе газ-жидкость.» Химическая промышленность сегодня, с. 18-22, 2019, №5.

Григорьева А.Н., Абиев Р. Ш., «Влияние конструкции перемешивающего устройства на эффективность массообмена при пневмомеханической аэрации сточных вод,» Водоснабжение санитарная техника., с. 2-9, 2020. № 6

Григорьева А.Н., Абиев Р.Ш., «Сравнительный анализ влияния геометрической формы рабочих тел перемешивающих устройств на эффективность суспендирования в системе жидкость-твердое.» Известия СПбГТИ(ТУ), сс 94-97 №45, 2018.

Григорьева А. Н., Абиев Р. Ш. Исследование процесса суспендирования с использованием механической мешалки на примере процесса нейтрализации серной кислоты ОАО «Святогор». Водоснабжение и санитарная техника., сс. 11-20, 2020. № 1

научных журналах, индексируемых в базе Scopus

Григорьева А. Н., Абиев Р. Ш. К выбору типа и частоты вращения мешалки для эффективного перемешивания флокулянтов в воде. Вода и экология: проблемы и решения. 2020. № 2 (82) с. 27-36

Григорьева А. Н., Абиев Р.Ш. Экспериментальное и теоретическое исследование процесса перемешивания при растворении флокулянтов в воде. CRC Press/Balkema. Передана в печать

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 683 078**<sup>(13)</sup> **C1**



(51) МПК  
B01F 7/18 (2006.01)  
B01F 7/26 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
B01F 7/18 (2019.02); B01F 7/26 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2018120860, 06.06.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.06.2018

Дата регистрации:  
26.03.2019

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 06.06.2018

(45) Опубликовано: 26.03.2019 Бюл. № 9

Адрес для переписки:  
196158, Санкт-Петербург, Дунайский пр., 7,  
корп. 7, кв. 176, Абиеву Р.Ш.

(72) Автор(ы):  
Абиев Руфат Шовкет оглы (RU),  
Григорьева Анастасия Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Непубличное акционерное общество  
"Астерион" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US D735291 S, 28.07.2015. RU  
2646073 C1, 01.03.2018. RU 2311951 C1,  
10.12.2007. RU 2455058 C1, 10.07.2012. DE  
102005016948 B3, 04.01.2007. DE 4218027 A1,  
03.12.1992.

(54) Перемешивающее устройство

(57) Реферат:

Изобретение предназначено для процессов перемешивания в гетерогенных системах: для суспендирования, гомогенизации суспензии, особенно в больших объемах, в том числе при особых требованиях по бережному перемешиванию, когда касательные напряжения в жидкости не должны превышать некоторый порог, допустимый с точки зрения предотвращения разрушения частиц, например, активного ила. Перемешивающее устройство может быть использовано на предприятиях химических и гидрометаллургических производств, пищевой, фармацевтической промышленности, в водоочистке для поддержания активного ила во взвешенном состоянии, и также в тех отраслях промышленности, где по условиям производства необходимо предотвратить образование осадка на дне аппарата и поддерживать твердую фазу в суспендированном состоянии, обеспечивая хороший массообмен от частиц к жидкости. В перемешивающем устройстве, содержащем установленную на вращающемся вертикальном валу ступицу, на которой закреплены лопасти с

диском, диск прикреплен к лопастям снизу, лопасти имеют изогнутую форму поверхности с образующей, параллельной валу, на внутреннем диаметре лопасти снабжены отогнутой полкой для крепления к ступице, а на внешнем диаметре лопасти снабжены горизонтальной площадкой для крепления к диску, при этом в диске выполнено центральное отверстие, а верхняя кромка лопасти выполнена снижающейся от наружного диаметра ступицы к внешнему диаметру диска, а нижняя кромка лопасти выполнена снижающейся от наружного диаметра ступицы к диаметру отверстия в диске. Угол между касательной к поверхности лопасти в точке ее крепления к ступице и касательной к ступице выполнен в диапазоне от 15 до 90°, а угол между касательной к поверхности лопасти в точке с наибольшим диаметром и касательной к поверхности диска выполнен острым, при этом присоединение лопастей к ступице и диску производится при помощи резьбовых крепежных элементов. Изобретение обеспечивает улучшение качества перемешивания, упрощение конструкции перемешивающего устройства, более простую

RU 2 683 078 C1

RU 2 683 078 C1

# Классификация сточных вод<sup>1</sup>

1. Бытовые (канализационные, фекальные) – жидкие и твердые продукты жизнедеятельности человека и животных.
2. Бытовые хозяйственные стоки состоят из бытовых отходов и значительных объёмов промышленных стоков
3. Промышленные стоки включают только промышленные отходы
4. Комбинированные стоки – объединённые хозяйственная и ливневая сточная вода
5. Ливневые (дождевые) стоки

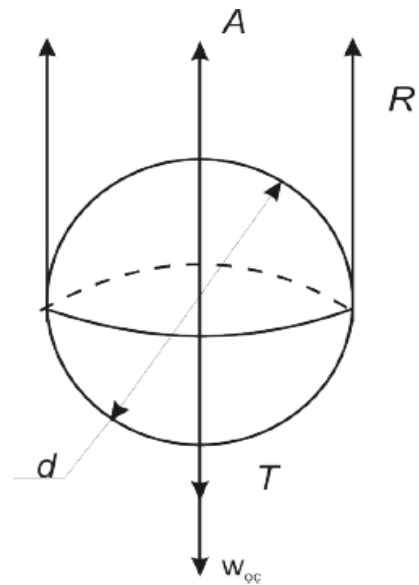
<sup>1</sup>) .Ф.Р.Спелман. Справочник по очистке природных и сточных вод. Водоснабжение и канализация: пер 2-го англ.изд. Под ред М.И.Алексеева. – СПб.: ЦИОП «Профессия», 2014.-1312 с.

# Цех нейтрализации ОАО «Святогор» г.Красноуральск (УГМК Холдинг)



# Нейтрализация сточных вод: ввод реагента

В качестве реагента для нейтрализации сточных вод широкое распространение получила известь<sup>2</sup>. Процесс проводится в аппарате с мешалкой, Цель перемешивания: обеспечение массообмена в системе жидкость-твердое.



$$T = \frac{\pi d_{\text{ч}}^3}{6} \rho_{\text{ч}} g \text{ — сила тяжести, действующая на частицу,}$$

$$A = \frac{\pi d_{\text{ч}}^3}{6} \rho_{\text{ж}} g \text{ — выталкивающая сила, равная по закону Архимеда}$$

весу объема вытесненной частицей жидкости,

$$R = \varphi \frac{\pi d_{\text{ч}}^2}{4} \frac{w_{\text{ос}}^2}{2} \rho_{\text{ж}} \text{ — сила сопротивления, отнесенная к поперечному}$$

сечению частицы

Рис.1 Силы, действующие на частицу, осаждающуюся в гравитационном поле

<sup>2</sup>Очистка производственных сточных вод: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. «Водоснабжение и канализация» и «Очистка при родных и сточных вод»/С . В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, Ю . В. Воронов.— М .: Стройиздат, 1979. — 320. с.» ил.

## Обработка агрессивных сточных вод известковым молоком: типы мешалок, применяемых для суспендирования

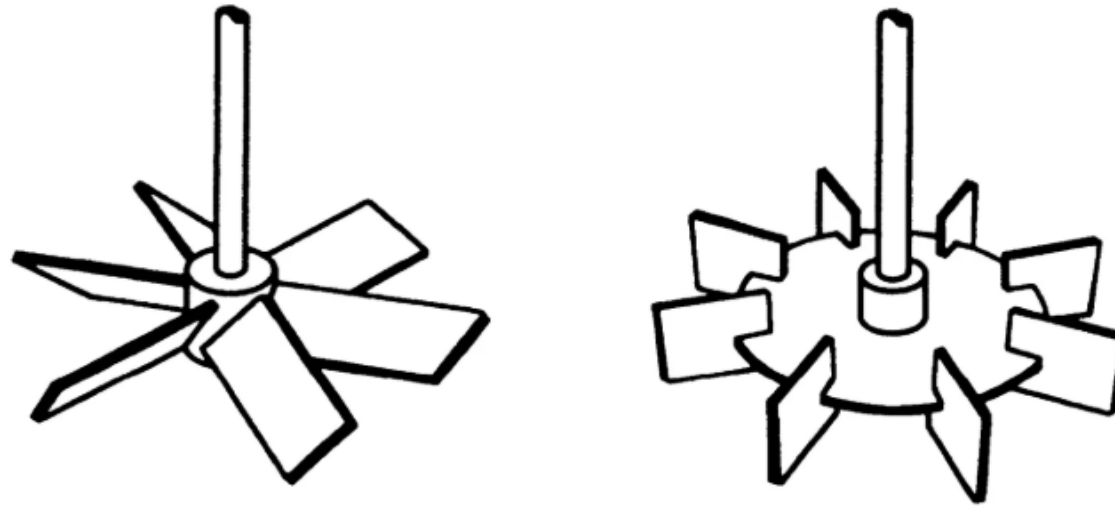


Рис.2. Мешалки, рекомендуемые для суспендирования

Поскольку вертикальная составляющая средней скорости вблизи дна обращается в нуль, источником возникновения подъёмной силы могут служить только горизонтальная составляющая скорости или турбулентные пульсации вблизи дна [Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. , Перемешивание в жидких средах, Л.: Химия, 1984].

# Обработка агрессивных сточных вод: особенности перемешивания извести

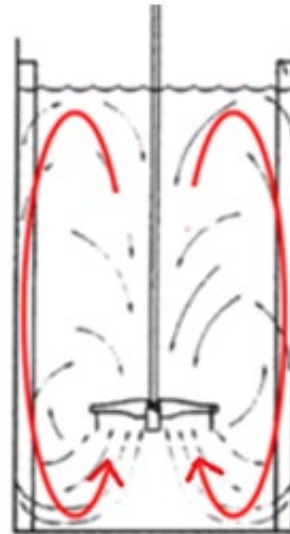
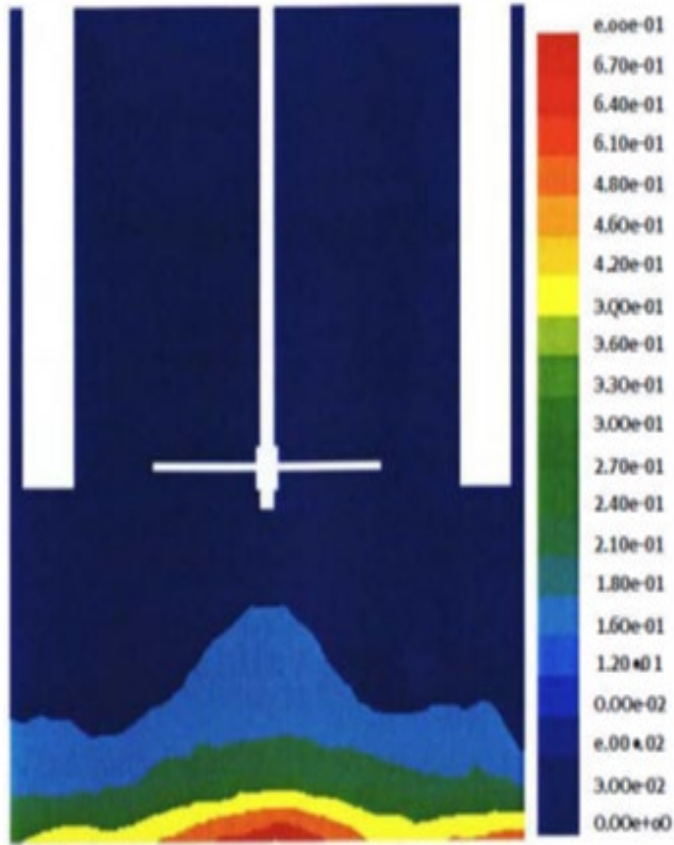


Рис.3. CFD моделирование потоков при суспендировании лопастной мешалкой

Рис.4. Фото реактора нейтрализации ОАО «Святогор»



# Обработка агрессивных сточных вод: особенности перемешивания извести



Рис.5. Образование отложений извести под лопастной мешалкой



Рис.6. увеличившиеся в объеме залежи реагента привели к поломке вала перемешивающего устройства

# Выбор геометрической формы мешалки для суспендирования извести

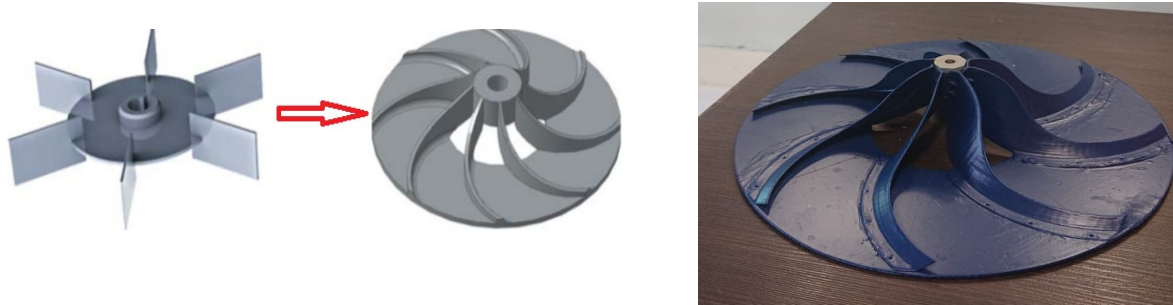
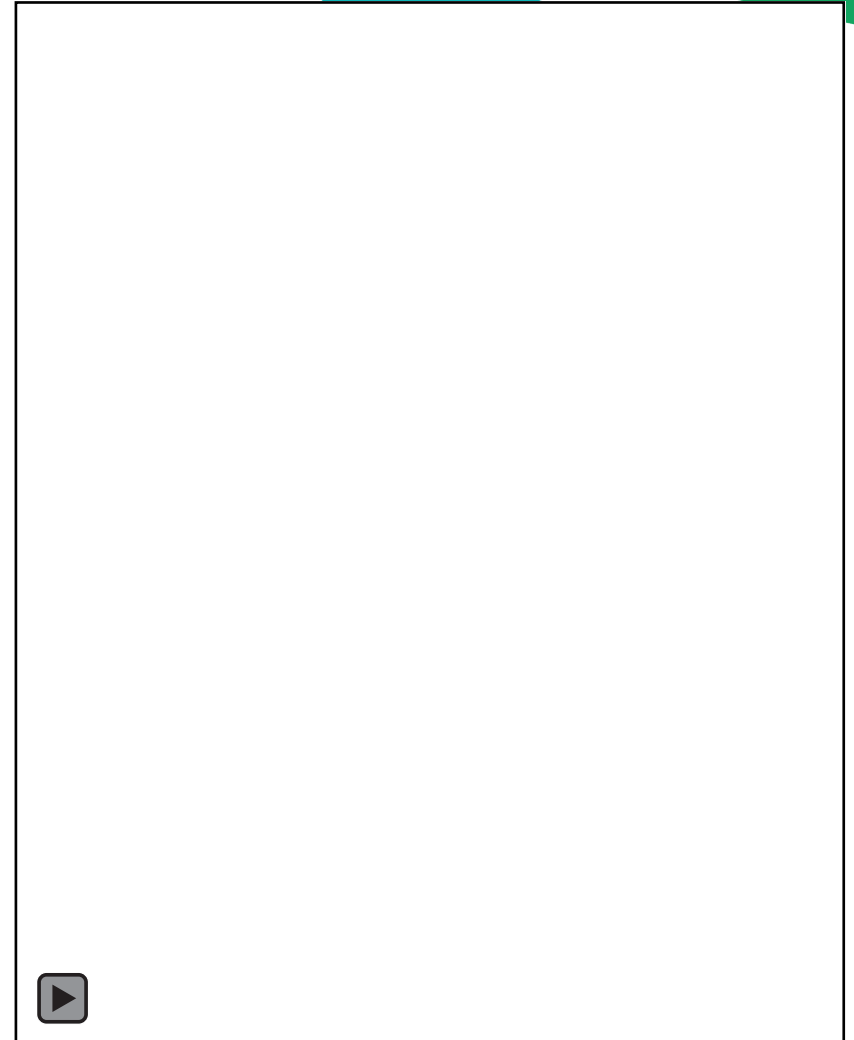
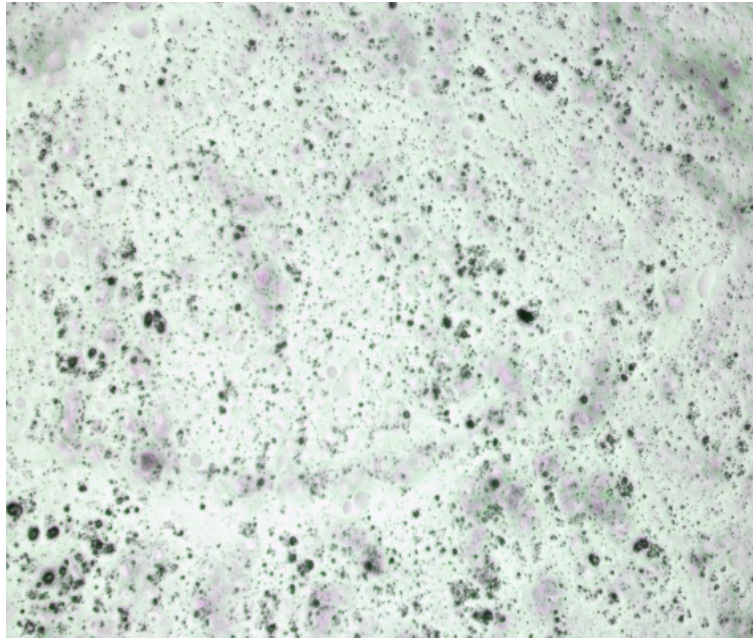


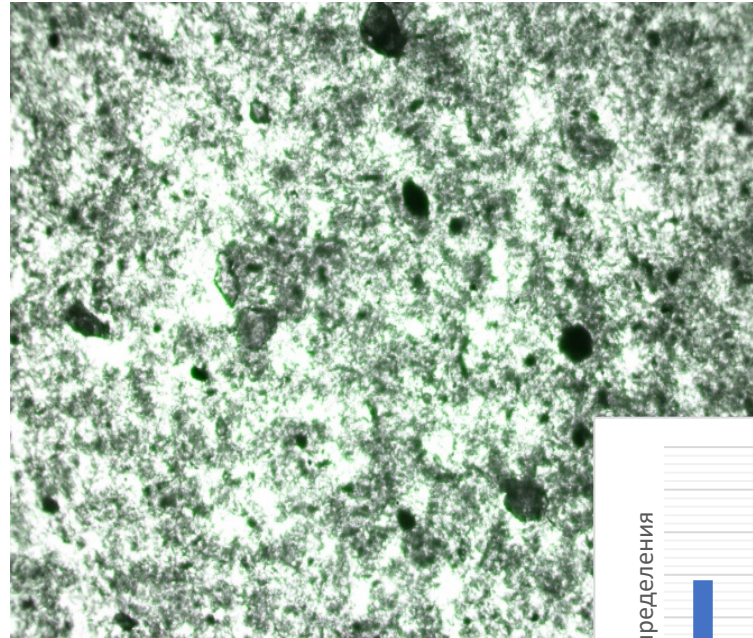
Рис.7. Фотографии турбинной и конической мешалок



# Определение размеров твердых включений

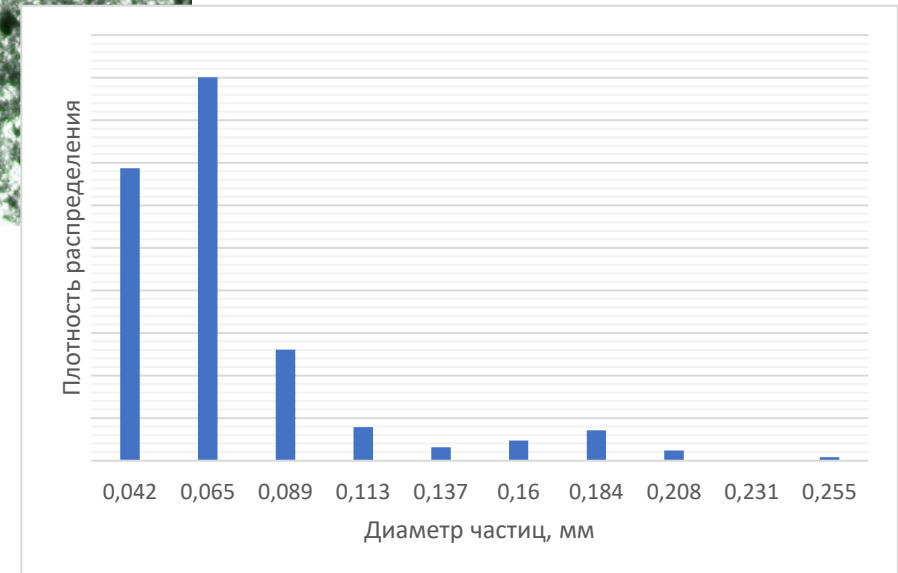


(а) известковое молоко



(б) пульпа

Рис.8. Фотографии твердых включений (микроскоп Levenhuk, оснащенный видеокамерой, увеличение 1:100)



# Определение плотности суспензии



$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{1-x}{\rho_{\text{ж}}}\right) + \frac{x}{\rho_{\text{ч}}}}$$

где

$\rho_c$  - плотность суспензии, кг/м<sup>3</sup>

$\rho_{\text{ж}}$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>

$\rho_{\text{ч}}$  - плотность твердой фазы, кг/м<sup>3</sup>

$x$  - массовая концентрация твердого в жидкости, кг/м<sup>3</sup>

Рис.9. Определение плотности суспензии в лабораторных условиях

# Определение минимально необходимой скорости вращения мешалки

$n_{js}$

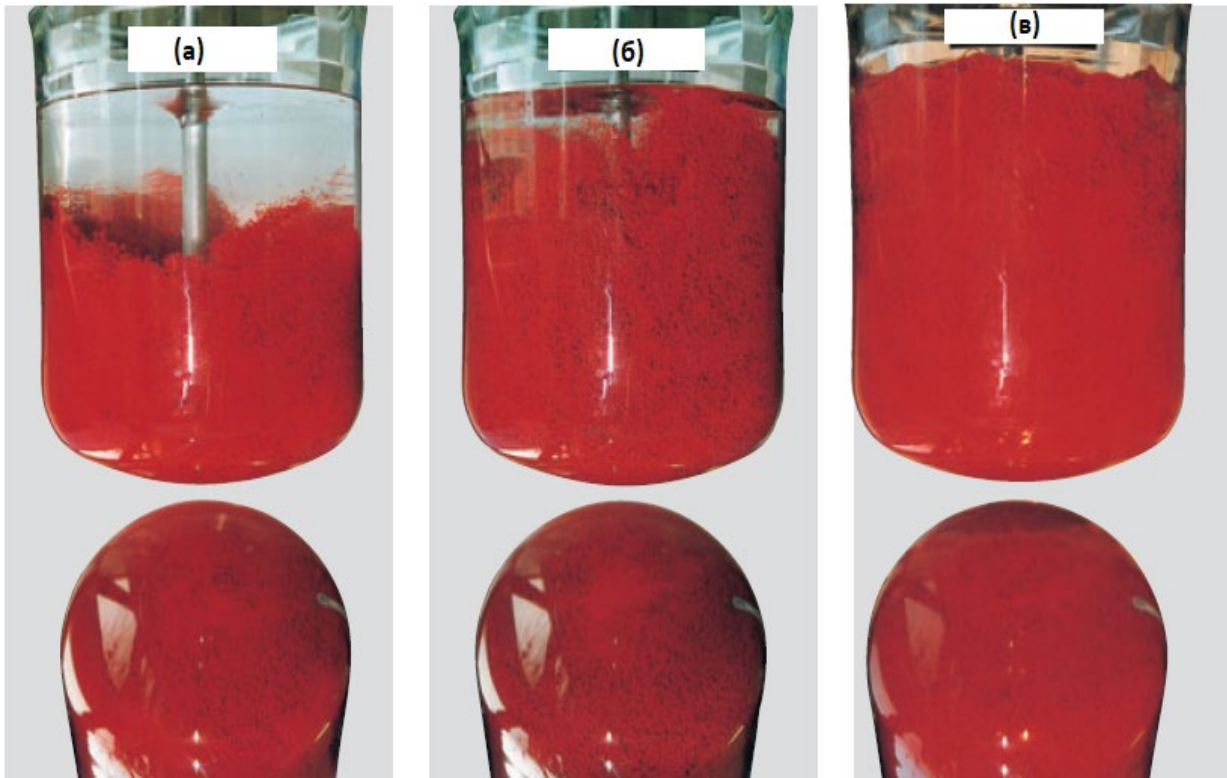


Рис.10. Различные режимы суспендирования

$$n_{js2} = A'' \left( \frac{g(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ж}})}{\rho_{\text{ж}}} \right)^{0,5} \frac{d_{\text{ч}}^{1/6} x^n}{k_N^{1/3} d_M^{2/3}} \frac{D}{d_M} \quad (8)$$

$A''$  – константа Айранчи-Креста

$D$  – диаметр аппарата

$k_N$  - коэффициент мощности мешалки, м,

$\nu$  - кинематическая вязкость жидкости,  $\text{м}^2/\text{с}$ ,

$d_M$  – диаметр мешалки, м,

$d_{\text{ч}}$  – диаметр частиц, м,

$\rho_{\text{ч}}$  – плотность частиц,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,

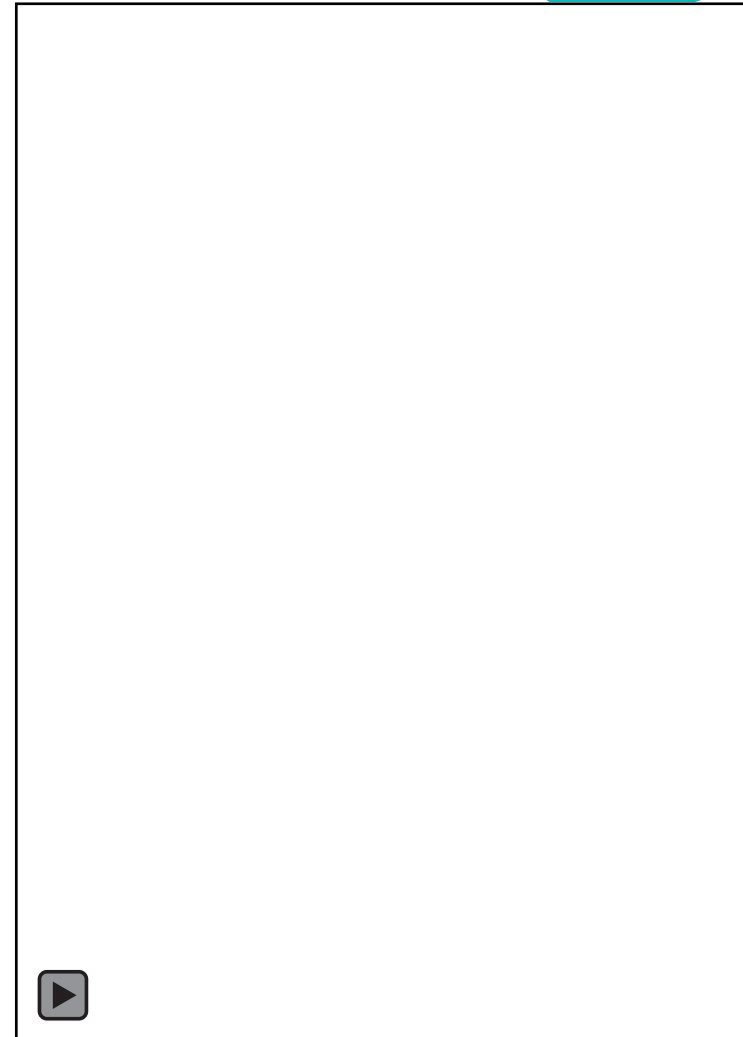
$\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости (суспензии),  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,

$V$  – концентрация твердых включений, %

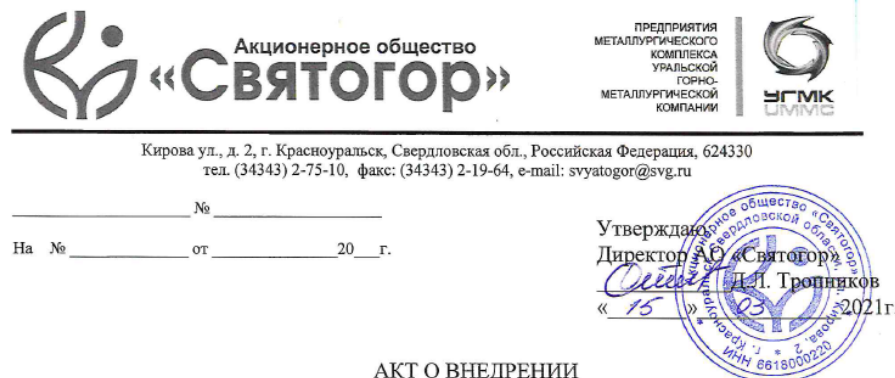
# Апробация методики в аппарате промышленного объема



Рис.11. Монтаж мешалки в аппарате объемом 140 м<sup>3</sup>



# Апробация методики в аппарате промышленного объема



## АКТ О ВНЕДРЕНИИ

Настоящий акт свидетельствует о том, что научная группа в лице Абиева Р.Ш. и Григорьевой А.Н. представила, а ОАО «Святотор» внедрило:

- предложения по модернизации аппарата с мешалкой, предназначенной для нейтрализации серной кислоты известковым молоком;
- проект замены лопастной мешалки на разработанное авторами перемешивающее устройство (пат.РФ № 2 683 078).

Результаты внедрения научных исследований получены аспирантом Григорьевой А.Н. под руководством д.т.н., проф. Абиева Р.Ш.

1. Краткое описание и основные технические характеристики внедренной продукции, отличительные черты, положительные качества и технико-экономические преимущества.

С использованием методики разработки аппаратного оформления аппарата

Рис.12. Монтаж мешалки в аппарате объемом 140 м<sup>3</sup>

# Результаты:



Кирова ул., д. 2, г. Красноуральск, Свердловская обл., Российская Федерация, 624330  
 тел. (34343) 2-75-10, факс: (34343) 2-19-64, e-mail: svyatogor@svg.ru

*М. И. Дор.* № *02/02-24/201*

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заместителю коммерческого  
 директора – начальнику управления

№2683078, отчет представлен в приложении к настоящему письму. В ходе испытаний получен положительный эффект в сравнении с существующими перемешивающими устройствами – лопастными мешалками: перемешивание в реакторе с гиперболической мешалкой происходит интенсивнее, за счет этого значительно снижается время одного цикла нейтрализации в реакторе с 60 до 38 минут, что позволило увеличить объем нейтрализуемой в час кислоты до 8-10 т/ч (по регламенту 6,3 т/ч). Получены и другие положительные эффекты, такие как: снижение затрат на электроэнергию на 40%, механическая устойчивость конструкции, дешевый материал изготовления (пластик), отсутствие залежей осадка на дне, занимающего рабочий объем реактора.

GMS производства АО «Астерион», патент №2683078 от 06.06.2018г., в комплекте с электродвигателем мощностью 5,5 кВт для установки в реакторы участка нейтрализации в замен лопастных мешалок в количестве 8 штук, стоимость 532 500 руб. за комплект без НДС (стоимость используемого типа лопастных мешалок из нержавеющей стали 06X28МДТ в комплекте с электродвигателем мощностью 7,5 кВт составляет 1 946 100 руб. без НДС).

Директор



Д.Л. Тропников



# Нейтрализация агрессивных сточных вод: готовые блоки для проведение процесса

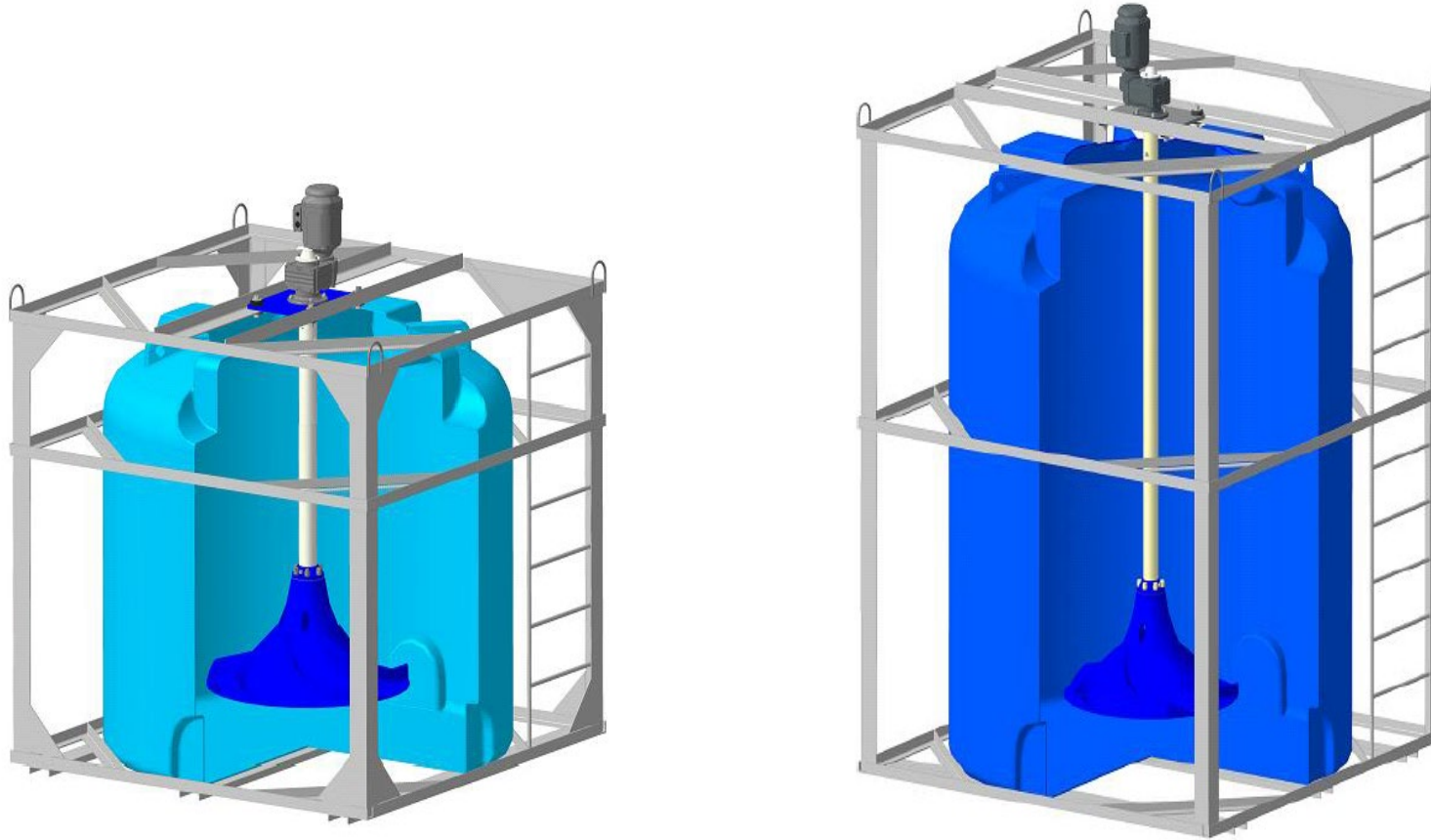


Рис.13. Блоки для агрессивных сточных вод объемом 5м<sup>3</sup> (слева) и 10 м<sup>3</sup> (справа)

## Основные выводы

- Для эффективного суспендирования частиц важно определить размеры твердых частиц, а также их концентрацию.
- Наиболее эффективно работают мешалки, создающие преимущественно радиальный поток
- Цилиндрическая форма резервуара предпочтительна для проведения процесса нейтрализации
- Ввод реагента целесообразно осуществлять в зону максимальных турбулентных пульсаций



## Благодарим за внимание!

Более подробная информация по оборудованию  
ГК «Элма-Астерион» представлена на сайте

<http://td-elma.ru/>

За техническими консультациями и по вопросам  
подбора оборудования просим обращаться:

**+7 (812)490-75-03**

[info@td-elma.ru](mailto:info@td-elma.ru)

