

существовавшими трубами снижаются в 9 раз. Внешний вид трубы представлен на рисунке 3 [1].



Рисунок 3 – Труба с полиуретановой изоляцией и системой ОДК

**Вывод.** Полное использование потенциала энергосбережения позволяет развивать экономику в течение 8-12 лет без увеличения потребления первичных энергоресурсов. Попытки же удержать высокие темпы экономического роста с «гирей» высокой энергоемкости чреваты активизацией тормозящей роли ТЭК за счет отвлечения огромных капитальных вложений от развития других секторов экономики. Бережливое отношение к энергоресурсам – это личное дело каждого гражданина.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гладких С.Н., Федоров П.П. Внедрение энергоэффективных технологий // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 8 (152). С. 32-35.
2. Шарипов А. Я., Силин В. М. Энергосберегающие и энергоэффективные технологии – основа энергетической безопасности// АВОК. 2006. №4.
3. Гладких С.Н. Энергетическая безопасность России // Сб. материалов XXVI Международной научно-практической конференции «Предупреждение. Спасение. Помощь» 17марта 2016 Секция №3 «Проблемные вопросы защиты населения и территорий» М. – Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. 2016. С.32-35.

УДК: 66.063.612

М. А. Промтов, проф., д-р техн. наук;  
В. Г. Желудков, асп. (ТГТУ, г. Тамбов, Российская Федерация)

#### **ВЛИЯНИЕ КРАТНОСТИ ОБРАБОТКИ ЭМУЛЬСИИ В РОТОРНОМ ИМПУЛЬСНОМ АППАРАТЕ НА ПРЕДЕЛЬНЫЙ РАЗМЕР ЧАСТИЦ**

Получение тонкодисперсных и стойких эмульсий требуется в различных отраслях промышленности. Приготовление эмульсионных

систем необходимо для получения пищевых продуктов, косметических и лекарственных продуктов, лакокрасочных материалов, топливных эмульсий, а также множество других продуктов, основанием которых являются дисперсные системы. Для получения стабильных тонкодисперсных эмульсий широко применяются оборудование с вращающимися рабочими элементами: быстроходные мешалки, коллоидные мельницы, роторно-пульсационные и роторные импульсные аппараты. Роторные импульсные аппараты (РИА) характеризуются высокой производительностью, невысокими удельными энергозатратами и высоким качеством обрабатываемых эмульсионных систем [1, 2].

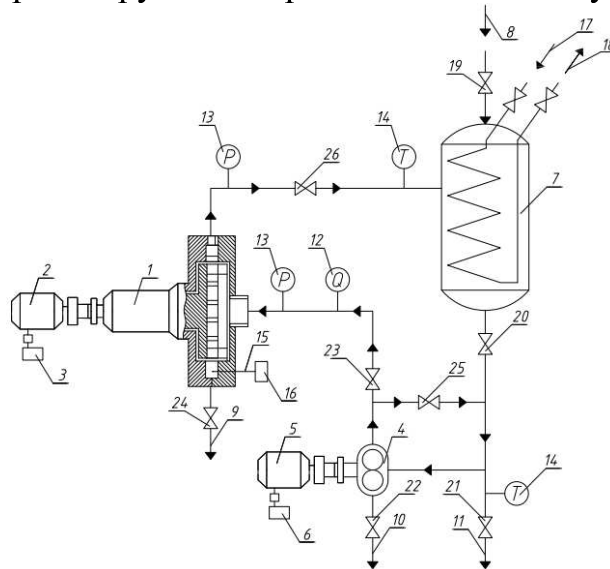
Одним из факторов, влияющих на дисперсность эмульсии является кратность обработки. Как правило, за один проход в проточных аппаратах не всегда удается достичь требуемого размера частиц. Традиционно, для получения заданного качества эмульсионные системы обрабатывают несколько раз, организуя циклическое движение жидкости по замкнутому контуру установки. С другой стороны, нельзя допускать превышение энергозатрат на дробление частиц эмульсии при излишней кратности ее обработки. Показателем достаточности количества циклов обработки является снижение степени дробления частиц эмульсии с каждым последующим циклом обработки. Экспериментальные исследования по эмульгированию проводили в установке на базе роторного импульсного аппарата РИА-150. Конструкция и параметры РИА-150 описаны в [2], технологическая схема установки на базе РИА-150 представлена на рисунке 1.

Установка включает в себя РИА, шестеренный насос, емкость для эмульсии, приборы для измерения расхода, давления и температуры. Частота вращения валов насоса, РИА регулировались частотным преобразователем. Обработка осуществлялась перекачиванием эмульсии из емкости насосом под давлением в РИА и обратно в емкость.

Соотношения воды и масла в эмульсии принималось 9:1. Эмульгирование проводили без добавления и с введением эмульгатора Твин-20 (2%). Твин-20 – это полиоксиэтилен (20) сорбитан моноолеат – неионое ПАВ, с гидрофильно-липофильным балансом (ГЛБ) около 15. Для получения устойчивой эмульсии подсолнечного масла в воде достаточно ГЛБ=8 [3]. Использовалась дистиллированная вода по ГОСТ Р 58144-2018 «Вода дистиллированная. Технические условия» и подсолнечное рафинированное масло, соответствующее ГОСТ 1129-2013 «Масло подсолнечное. Технические условия».

Дистиллированная вода заливалась в емкость установки и затем в нее добавлялся эмульгатор. С помощью частотного преобразователя создавалась небольшая подача насоса ( $\approx 0,1$  л/с). После растворения эмульгатора в воде, в емкость добавлялось подсолнечное масло и про-

водилось циркуляционное перемешивание для получения грубодисперсной эмульсии в течении 2 циклов оборота эмульсии через гидравлическую систему при отсутствии вращения ротора РИА. Затем производили отбор пробы грубодисперсной исходной эмульсии.



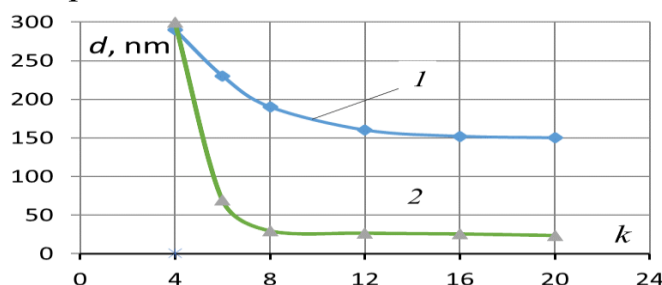
1 – РИА; 2 – электродвигатель РИА; 3, 6 – частотные преобразователи;  
4 – шестеренчатый насос; 5 – электродвигатель насоса; 7 – емкость для нефти;  
8 – патрубок залива жидкости; 9 – патрубок отбора проб; 10, 11 – сливные па-  
трубки; 12 – счетчик жидкости; 13 – манометры; 14 – датчики температуры;  
15 – гидрофон; 16 – кавитометр; 17, 18 – патрубки подвода и отвода  
теплоносителя; 19 - 26 – шаровые краны

**Рисунок 1 – Технологическая схема установки РИА-150**

Для обработки эмульсии в установке с помощью частотных преобразователей электродвигатели насоса и РИА разгонялись до заданной частоты вращения. Обработка эмульсии происходила в циклическом режиме за счет циркуляции эмульсии по замкнутому гидравлическому контуру из емкости в насос, затем под давлением в РИА и обратно в емкость. Количество циклов обработки определялось по счетчику жидкости. За время обработки фиксировался объем жидкости, прошедший через РИА, температура эмульсии и давление на входе в аппарат. Эмульсию обрабатывали при подаче в РИА равной 100 л/м и давлении на входе в РИА 0,28 МПа.

Определение размеров частиц эмульсии проводилось на приборе «Анализатор размеров частиц и дзета-потенциалов NICOMP-380ZLS». Результаты экспериментальных исследований по определению среднего диаметра частиц эмульсии от количества циклов обработки представлены на рисунке 2. Средний диаметр необработанной эмульсии без эмульгатора составлял 2750 нм, с эмульгатором – 1260 нм. Эти точки не представлены на графиках для лучшей иллюстрации количества циклов обработки, так как средний диаметр ча-

стиц обработанной в РИ А эмульсии многократно меньше необработанной грубодисперсной эмульсии. Изменение среднего диаметра частиц эмульсии после 4-х кратного прохождения через РИА составляет для эмульсии с эмульгатором – более чем в 4 раза, без эмульгатора – в 11 раз. Это объясняется тем, что эмульгатор при создании грубодисперсной эмульсии уже значительно снижает силы поверхностного натяжения и способствует образованию частиц с меньшим диаметром, чем без эмульгатора.



**Рисунок 2 – Графики зависимости размера частиц эмульсии  $d$  от количества циклов обработки  $k$  в РИА.**

**1 – эмульсия без эмульгатора; 2 – эмульсия с эмульгатором**

Как видно из графиков на рисунке 2, для эмульсии с эмульгатором средний размер частиц достигает предельно минимального значения при обработке в РИА-150 через 8 циклов. Для эмульсии без эмульгатора средний размер частиц достигает предельно минимального значения при обработке в РИА-150 через 16 циклов. Таким образом, можно сделать вывод, что ведение эмульгатора Твин-20 позволяет в два раза сократить кратность и, соответственно, время и энергозатраты на получение тонкодисперсной эмульсии с наименьшим средним диаметром частиц для данных условий. Средний размер частиц эмульсии растительного масла в воде с добавлением эмульгатора Твин-20 в 5 раз меньше, чем средний размер частиц эмульсии без эмульгатора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Маа, Y.F. Liquid–liquid emulsification by rotor/stator homogenization. / Y.F. Maa, C. Hsu // J. Controlled Release. – 1996. – Vol. 38. – P. 219–228.
2. Промтов, М.А. Методы расчета характеристик роторного импульсного аппарата: монография / М.А. Промтов, А.Ю. Степанов, А.В. Алешин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 148 с.
3. Цымбалов, А.С. Влияние поверхностно-активных веществ на диспергирование и стабильность водомасляных эмульсий / А.С. Цымбалов // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2018. - № 3 (55). – С. 108-119.