

СТЕНД ФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ «АНАЛИЗАТОР ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ЭМУЛЬСИЙ»

Ясинский Д.Д.¹, Кучман А.В.²

¹Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т11, e-mail: ddy2@tpu.ru

²Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, старший преподаватель, e-mail: avm82@tpu.ru

Аннотация

Основная цель исследования заключается в разработке программного обеспечения и настройке стенда физического подобия для автоматизированного анализа дисперсного состава. Стенд является частью комплексной системы, предназначенной для разрушения или синтеза водомасляных эмульсий с заданным дисперсным составом. Работа системы базируется на методе оптической микроскопии. В исследовании подробно описаны конструкция стенда, его функциональные возможности и режимы работы.

Ключевые слова: нефтяная эмульсия, оптическая микроскопия, дисперсный состав, автоматизация, программное управление.

Введение

Водомасляная эмульсия – это дисперсная система, состоящая из несмешивающихся жидкостей, в которой одна дисперсная фаза распределена в виде сферических капель в другой дисперсионной среде. Анализ дисперсного состава эмульсий имеет большое значение для оценки их устойчивости, что, в свою очередь, способствует оптимизации технологических процессов при переработке нефти. На сегодняшний день распространены анализаторы дисперсного состава, работа которых основана на методе лазерной дифракции. Результаты, получаемые с помощью этого метода, чувствительны к изменению состава эмульсии и требуют сложной математической обработки, что приводит к тому, что итоговые результаты могут существенно расходиться с реальными. Оптическая микроскопия остается наиболее наглядным методом исследования дисперсного состава эмульсий. В отличие от косвенных методов, основанных на математических расчетах, этот подход позволяет непосредственно наблюдать и измерять размеры глобул, обеспечивая точные данные. Главным ограничением метода является трудоемкость обработки данных, так как анализ требует ручного измерения большого количества капель, что существенно снижает производительность исследований.

Целью данной работы является разработка программного обеспечения и наладка стенда физического подобия для автоматизации анализа дисперсного состава нефтяных эмульсий. Это позволит повысить точность измерений, сократить время анализа и обеспечить контроль за процессами разрушения или синтеза эмульсий с заданными характеристиками.

Наладка работы стенда

Система стенда для включает несколько ключевых компонентов, обеспечивающих процесс приготовления, транспортировки и оптического исследования дисперсного состава. Основным элементом является верхнеприводная мешалка, которая используется для создания однородной эмульсии путем интенсивного перемешивания двух несмешивающихся жидкостей. Контроль скорости и интенсивности перемешивания позволяет влиять на размер и распределение частиц дисперсной фазы. Приготовленная эмульсия хранится в специальной емкости, откуда с помощью насоса транспортируется на предметный столик микроскопа для анализа. Работа всей системы управляется платой с микроконтроллером, которая координирует работу мешалки, насоса и клапанов, регулирующих подачу воды и пробы на предметный столик. Ключевым элементом анализа является микроскоп с камерой, который

визуализирует частицы эмульсии, фиксируя изображения для последующей обработки программным обеспечением. Это позволяет определить размер и форму частиц, что критично для оценки качества эмульсии. Дополнительно в системе используется техническая емкость, предназначенная для сбора отработанных проб, что обеспечивает удобство работы и предотвращает загрязнение [1]. Структурная схема стенда представлена на рисунке 1.

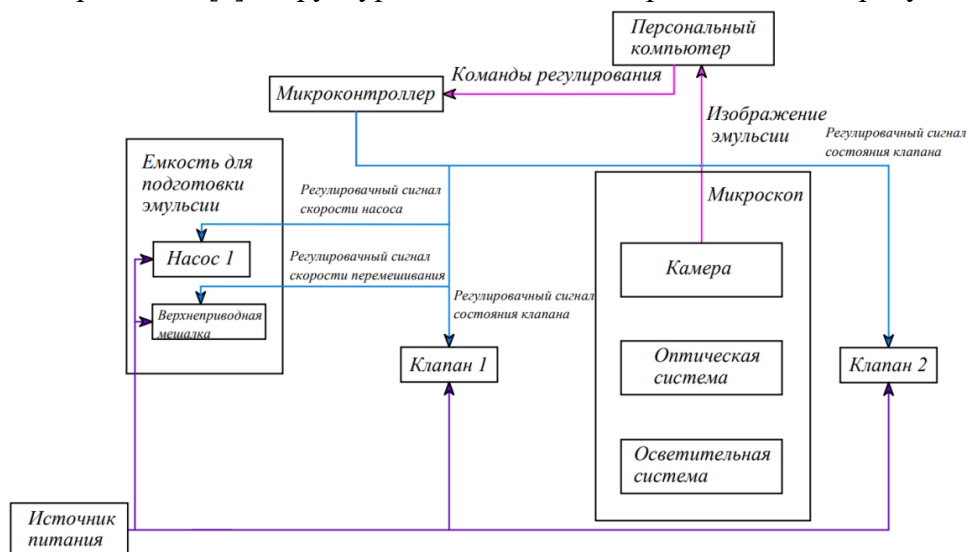


Рис. 1. Структурная схема стенда

На первом этапе испытаний стенда физического подобия была проведена проверка его работы с использованием. В ходе тестирования удалось подтвердить функциональность основных компонентов устройства. Все элементы гидравлической системы, включая насос, клапаны и соединительные шланги, работали корректно. Протечек или утечек воды зафиксировано не было, что свидетельствует о надежности герметичности системы.

Основная часть стенда – верхнеприводная мешалка – показала способность эффективно перемешивать жидкость. Однако был выявлен недостаток в конструкции: соединительная муфта (цанга) не обеспечивает достаточно жесткого закрепления лопастей на валу двигателя, что вызывает шатание пропеллера во время работы. Это может снизить стабильность перемешивания и требует доработки для устранения люфта.

Таким образом, первый опыт работы стенда продемонстрировал его общую работоспособность. В дальнейшем планируется устранить недостаток конструкции цанги для обеспечения более стабильной работы мешалки, а также провести дополнительные испытания с эмульсией для проверки влияния параметров перемешивания и подачи на дисперсность эмульсии.

Разработка алгоритмов работы для получения эмульсии разной степени дисперсности

Для разработки алгоритмов работы системы, предназначенной для получения эмульсии с разной степенью дисперсности, качестве был выбран язык программирования C, для реализации интерфейса использовался язык программирования Python.

Система реализует два основных режима работы: статический и динамический, с возможностью гибкой настройки параметров через последовательный интерфейс или через интерфейс, разработанный на Python.

В статическом режиме мешалка работает в течение заданного пользователем времени, после чего останавливается, и система открывает клапаны. Затем включается насос, который работает в течение фиксированного времени. После завершения работы насоса клапаны закрываются, и система переходит к завершающему этапу – открытию одного из клапанов для перемещения эмульсии в техническую емкость. По завершении всех этапов система выводит сообщение о завершении работы в статическом режиме.

В динамическом режиме алгоритм начинается с запуска мешалки, которая работает в течение установленного времени. После остановки мешалки система открывает клапаны и включает насос. Время работы насоса в этом режиме задается пользователем, что позволяет адаптировать процесс под конкретное время проведения эксперимента. По истечении заданного времени насос останавливается, клапаны закрываются, и система выводит сообщение о завершении работы в динамическом режиме. Блок-схема алгоритма, указаны на рисунке 2 [2].

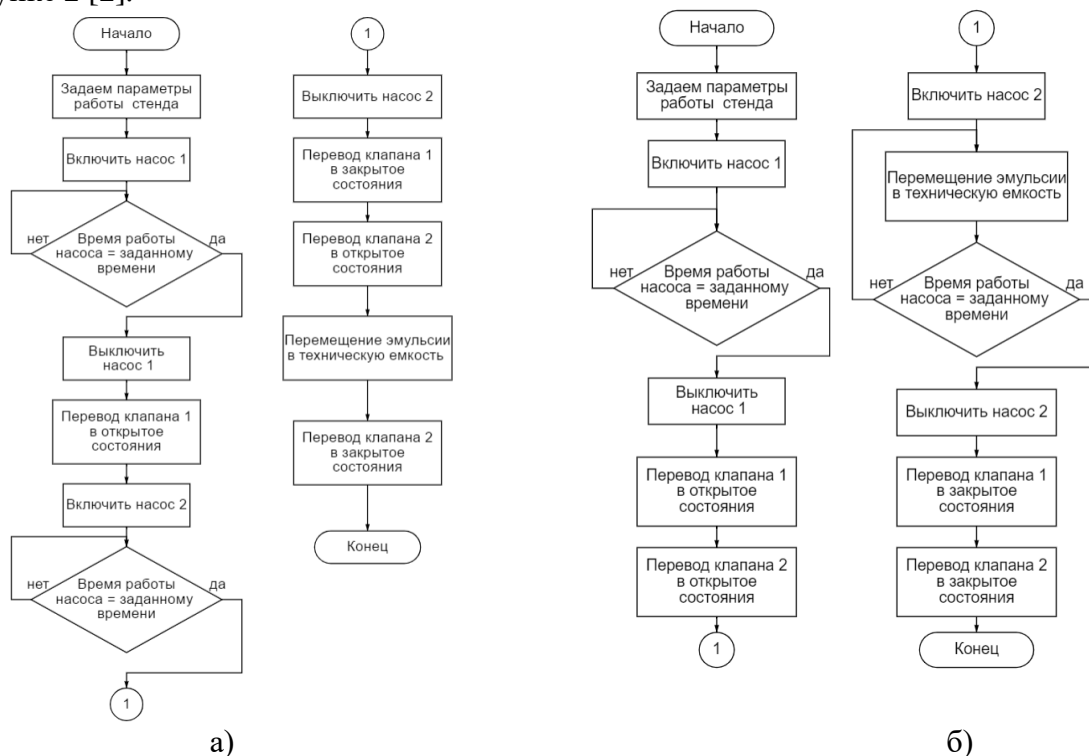


Рис. 2. Алгоритмы работы стенда: а – статический режим; б – динамический режим.

Для простоты проведения опытов разработан интерфейс, представленный на рисунке 3.

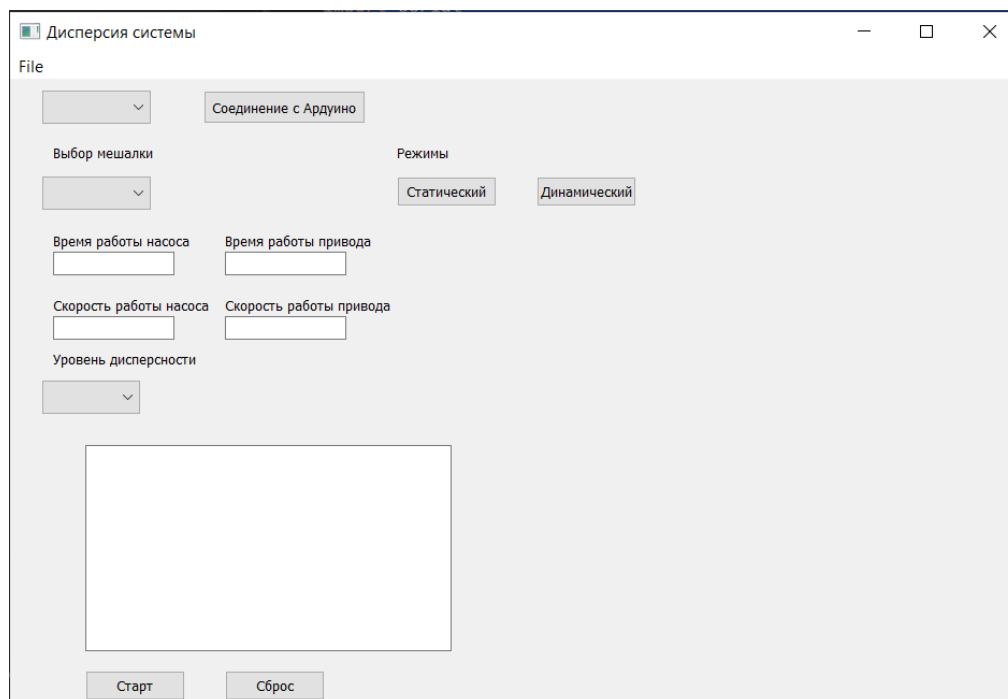


Рис. 3. Интерфейс программы

В ходе тестов были получены следующие фотографии:

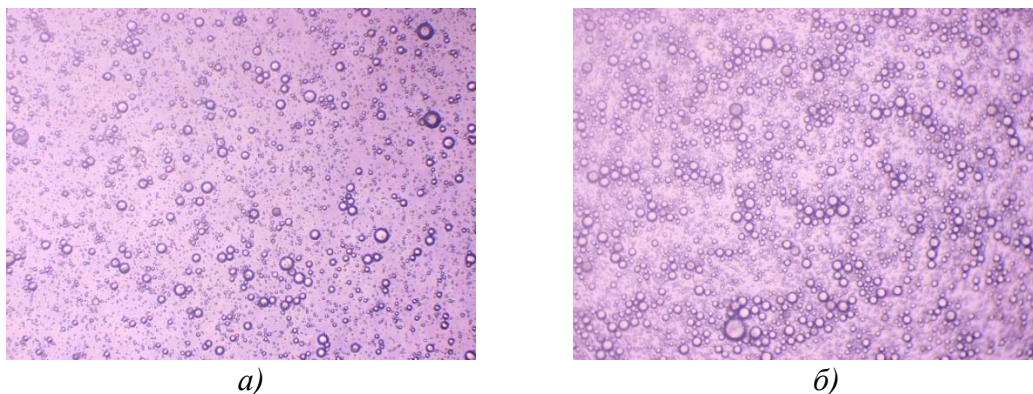


Рис. 4. Фотографии опыта: а – 1 фотография, б – 2 фотография.

Из полученных данных составили распределения мм е диаметров глобул в данной среде:

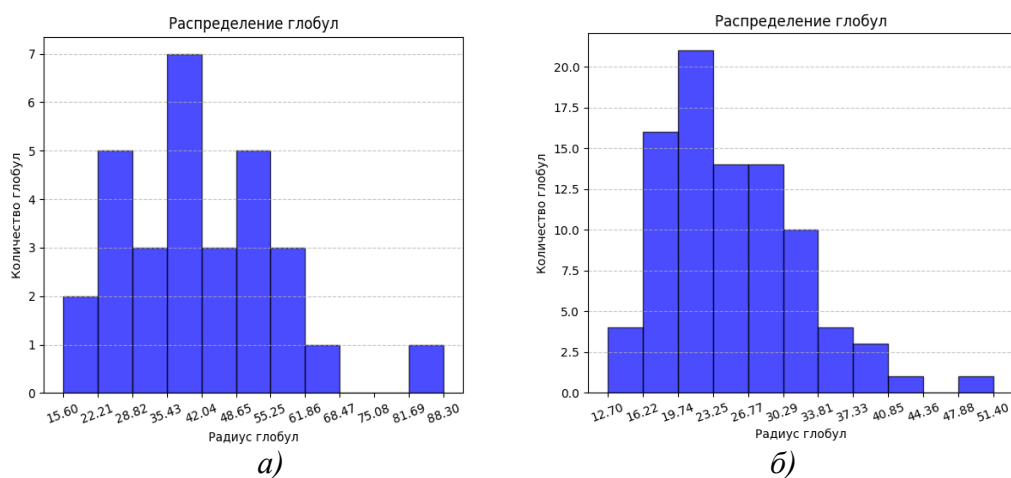


Рис. 5. Гистограммы: а – 1 фотография, б – 2 фотография

Заключение

В ходе проведенной работы были разработаны алгоритмы работы стенда, подобраны элементы для сборки стенда, разработана программа для реализации алгоритмов и собран стенд физического подобиия. Также были проведены тесты, получены фотографии с микроскопа и построены гистограммы, которые показали работоспособность стенда и программы. Практическая ценность работы заключается в сокращении временных и денежных на анализ дисперсного состава эмульсии, и приготовления проб для этого анализа, а также увеличении качество анализа.

Список использованных источников

1. Автоматизированная система для проведения экспресс-анализа дисперсного состава скважинной жидкости / Филипас А.А., Мигель А.В., Исаев Ю.Н., Курганов В.В. // Сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». – Томск : Изд-во ТПУ, 2021. – С. 469-470
2. Стенд физическое подобиия «анализатор дисперсного состава эмульсии» / А. В. Кучман, Д. Д. Ясинский // Сборник трудов XXI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». – Томск : Изд-во ТПУ, 2024. – С. 792-794
3. Альтернативный метод получения квазимонодисперсной водомасляной эмульсии / Филипас А.А., Мигель А.В., Исаев Ю. Н. // Известия ТПУ – Томск : Изд-во ТПУ – 2024. – С. 219-232