

МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДМЕТНОГО СТОЛИКА МИКРОСКОПА С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

*Гейс О.Ю., студент гр. 8ТМ22,
Филипас А.А., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой – руководитель отделения
автоматизации и робототехники на правах кафедры
E-mail: oyg2@tpu.ru*

Разработана мехатронная система позиционирования предметного столика оптического прямого бинокулярного/тринокулярного микроскопа с цифровой камерой, программным управлением и системой распознавания и классификации распознанных микрообъектов в задачах определения дисперсного состава водонефтяных эмульсий (ВНЭ), количественного и качественного определения физических параметров глобул нефти ВНЭ. Сформировано техническое задание (ТЗ), по которому определены основные параметры системы.

Целью работы являются проектирование и разработка моторизованного комплекта для микроскопа. Используются методы САПР конструкции предметного столика, навесного оборудования и электромеханических узлов, жестко закрепленных на предметном столике микроскопа с учетом взаимного расположения компонентов, прочностных характеристик материалов и геометрических параметров деталей устройства. Учитывались параметры электроприводов (шаговых двигателей) и реечных косозубых передач. Описаны и спроектированы программные алгоритмы для автоматизированного управления исполнительными механизмами, создан прототип приложения для ЭВМ с целью операторного контроля и управления, получения данных с цифровой камеры, работы системы фильтров цифровых изображений, алгоритмов распознавания и классификации распознанных микрообъектов.

Система функционирует в трех режимах. Первый – ручное управление (ручной режим), предполагающее управление исключительно усилиями оператора без возможности использования программных алгоритмов управления и исключительно для визуальной оценки количественных характеристик пробы.

В полуавтоматическом режиме оператор имеет возможность управлять процессом позиционирования пробы на конкретном поле зрения для локального отслеживания визуальных параметров пробы, проводить точечные эксперименты.

В автоматическом режиме оператору доступен весь функционал интеллектуальной системы оценки, при этом ход эксперимента осуществляется без прямого участия оператора таким образом, что система (по заранее заданным настройкам, полученным от оператора) выстраивает оптимальную по времени протекания эксперимента траекторию движения предметного столика относительно взора камеры, проходя точки центров полей зрения с автоматическим фокусированием с некоторой задержкой по времени для получения кадра активного поля зрения. После активной фазы эксперимента, система фильтров (по уже полученной серии микрофотографий) убирает шумы и нижние частоты, увеличивая резкость границ двумерных проекций глобул нефти на изображении, а после – сегментирует обработанные кадры для искусственной нейронной сети (ИНС) распознавания. Программный модуль, отвечающий за классификацию распознанных микрообъектов, распределяет объекты в зависимости от начальных настроек и разбивает значения эффективных диаметров по нескольким группам. После этого, полученные сгруппированные выборки автоматически экспортируются в формат электронных таблиц (.xlsx) для дальнейшего анализа оператором. На этом ход эксперимента



Рис. 5. Сборка прототипа мехатронной системы при помощи САПР

считается завершенным. При использовании автоматического режима работы оператор лишается возможности каким-либо образом повлиять на ход проведения эксперимента, а выступает лишь в качестве ревизора и верификатора экспортированных данных после завершения эксперимента.

Стоит отметить, что при использовании любого режима, оператору доступны основные настройки системы: настройки камеры и управления, диалогового окна приложения и визуализации, настроек эксперимента при переходе из одного режима в другой.

Описанный опытно-промышленный образец системы потенциально способен эксплуатироваться в мобильных лабораториях на производстве в качестве модуля автоматизированного анализатора проб дисперсного состава ВНЭ.

Механическая система устройства обладает 3-мя поступательными степенями свободы (по одной на каждую из осей прямоугольной системы координат в пространстве), за счет чего предметный столик с пробой позиционируется в конкретной точке пространства и перемещается прямолинейно только вдоль координатных осей в состоянии отсутствия вращательного движения.

В рамках работ по проектированию системы была спроектирована подробная математическая имитационная модель системы, схема которой изображена на рис. 2.

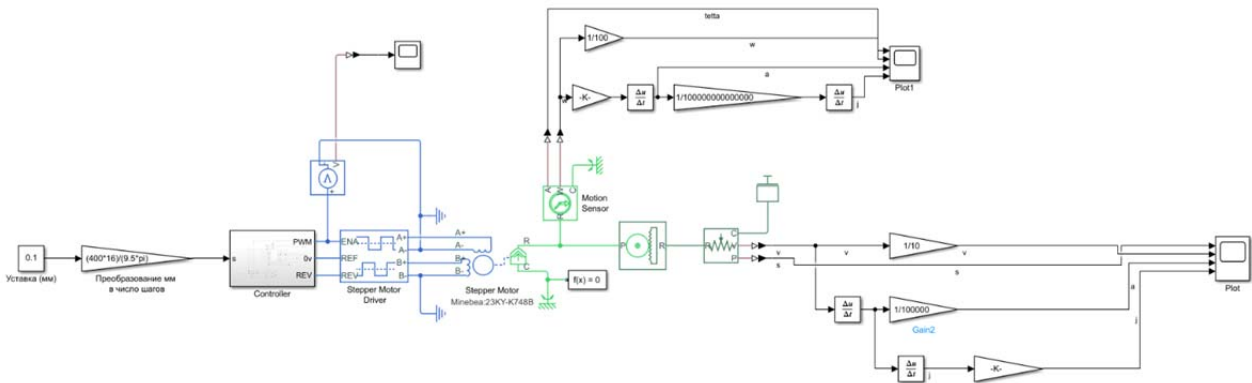


Рис. 2. Схема имитационной математической модели

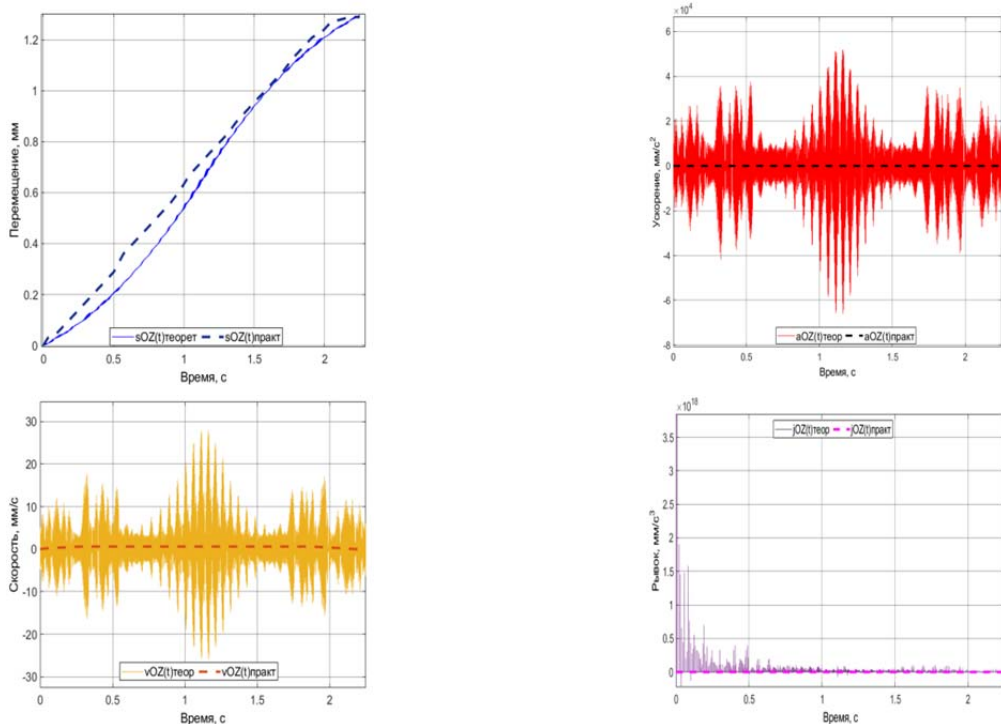


Рис. 3. Теоретические графики перемещения $s(t)$, скорости $v(t)$, ускорения $a(t)$ и рывка $j(t)$ предметного столика (одна координ. ось)

Модель позволяет оценить моделируемое поведение системы и процесс позиционирования при уставке по конечной позиции, а также оценить дополнительные параметры скорости, ускорения и рывка. Работа моторизационного комплекта осуществляется при помощи программного преобразования подаваемых пользователем команд через графический интерфейс управления в формат G-код команд по стандарту ГОСТ 20999-83. В результате синтеза и дальнейшего анализа полученных экспериментальных данных в ходе тестовых запусков системы, были определены основные характеристики системы путем сопоставления теоретических и экспериментальных графиков (перемещения $s(t)$, скорости $v(t)$, ускорения $a(t)$ и рывка $j(t)$ на рис. 3). Анализ проводился исключительно для одной координатной оси, поскольку целью тестового запуска является, в первую очередь, проверка работоспособности всей системы в целом, первичная оценка точности и плавности перемещения.

В перспективе будут учтены и взаимные перемещения по нескольким координатам одновременно, поскольку предполагается использовать траектории перемещения по различным координатам.

Поставленные задачи исследования были реализованы частично, поскольку мехатронная система, описанная в работе, отвечает практически всем требованиям ТЗ. Полностью спроектирована конструкция устройства и электромеханических узлов. Написанные программы для платы на базе микроконтроллера целостную логику для автоматизированного управления исполнительными механизмами устройства. Разработанное приложение для ЭВМ при помощи подключаемых библиотек для реализации работы программных алгоритмов работы, анализа, распознавания и классификации, делают систему интеллектуальной, точной и лишенной человеческого фактора. Проведенные тестовые запуски предварительно собранных узлов показали наличие ошибок в работе. Мероприятия по устранению отладке ведутся в настоящее время.

Список литературы

1. Филипас А.А. Прототипирование автоматизированного устройства оптической диагностики дисперсного состава скважинной жидкости / А.А. Филипас, А.В. Цавнин, О.Ю. Гейс // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 22–26 марта 2021 г., г. Томск. – Томск: Изд-во ТПУ, 2021. – [С. 447–448].
2. Филипас А.А. Разработка стенда физического подобия «Трёхфазный сепаратор скважинной жидкости» / А.А. Филипас, А.В. Мигель // Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, г. Томск, 2020 г. – Томск: Томский политехнический университет, 2020. – [С. 216–217].
3. Филипас А.А. Определение резонансных частот шаровой капли воды в масляной среде / А.А. Филипас, Ю.Н. Исаев, А.В. Кучман // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333, № 10. – [С. 178–185].
4. Белый Д.М., Овсянникова Н.Б. Методика решения инновационных прикладных задач механики – Ульяновск, УлГТУ, 2017 – 44 с.
5. Бекишев Р.Ф. Общий курс электропривода: учебное пособие / Р.Ф. Бекишев, Ю.Н. Дементьев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 302 с.
6. Maria C. Vlachoua, Konstantinos A. Zachariasa, Margaritis Kostogloua, Thodoris D. Karapantsiosa Droplet size distributions derived from evolution of oil fraction during phase separation of oil-in-water emulsions tracked by electrical impedance spectroscopy // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2019. – № 586.
7. D.J. Mc Clements Food Emulsions: principles, practices and techniques. – 3rd Edition. – Boca Raton: CRC Academic Press, 2015. – 714 p.
8. Таранцев К.В. Процессы создания и разрушения эмульсий со слабопроводящей сплошной средой в электрическом поле: автореф. дис. д-р техн. наук: 05.17.08. – ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», 2019. – 35 с.