

УДК 621.183.3

КОНЦЕПТ СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОНТРОЛЛЕРОВ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ И СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Непомнящих Д.А., студент гр. ЭМт-201, V курс

Научный руководитель: Немов В.Н. ст. преподаватель (Кафедра
электропривода и автоматизации)

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, институт энергетики.

г. Кемерово

Концепт учебно-исследовательского стенда с микропроцессорным контроллером для измерения уровня жидкости и сыпучих материалов

*В статье детально рассматривается проект создания современного
учебного стенда, предназначенного для изучения методов
автоматизированного контроля уровня различных сред. Особое внимание
уделено анализу технических решений, обоснованию выбора компонентов и
методике применения стенда в образовательном процессе.*

Актуальность разработки

В условиях развитой автоматизации промышленных процессов постоянно сохраняется потребность в квалифицированных специалистах, способных работать с современными системами контроля технологических параметров. Одной из ключевых задач в таких отраслях, как нефтегазовая, химическая и пищевая промышленность, является точное измерение уровня жидкостей. Например, на нефтеперерабатывающих заводах ошибки в контроле уровня в различных резервуарах могут привести к переполнению, утечкам, авариям и экологическим катастрофам.

Однако, многие образовательные учреждения часто сталкиваются с дефицитом учебного оборудования, которое могло бы наглядно демонстрировать принципы работы таких систем. Существующие стенды либо устарели, либо не охватывают весь спектр технологий, применяемых в

промышленности. Это создает разрыв между теоретической подготовкой студентов и реальными производственными требованиями.

Цель и задачи

Разработка учебного стенда направлена на создание универсальной и мобильной платформы для изучения методов измерения уровня жидкостей в замкнутой системе. Основные задачи включают:

- Концепт работы различных типов датчиков (ультразвуковых, поплавковых, емкостных, кондуктометрических);
- Моделирование реальных промышленных процессов, таких как перекачка нефтепродуктов или дозирование реагентов;
- Интеграцию микроконтроллера (Arduino Nano) для управления системой и обработки данных;
- Создание замкнутой системы для измерения уровня жидкости.

Практическая значимость

Стенд решает две основные проблемы современного образования, а также предлагает использования его и в промышленных целях:

- Нехватка практико-ориентированного оборудования.
- Снижение рисков при обучении. Работа на промышленных установках сопряжена с опасностями, тогда как учебный стенд позволяет отрабатывать навыки в безопасной среде.
- Мобильность стендса. Концепция представляет собой легко переносимый ящик с панелью управления, выводом данных, резервуарами с замкнутой системой перекачки жидкости и возможностью использования без стороннего оборудования.

С этого момента стоит ясно прояснить, что концепция направлена на создание удобного для использования стендса как в учебных, так и в производственных целях, потому что имеет не большие габариты, гибкий в использовании за счет разных датчиков.

Целесообразность разработки

Стенд решает ключевые задачи:

- Обучение основам автоматизации — студенты изучают принципы работы датчиков, микроконтроллеров и систем управления.
- Моделирование реальных процессов — циклы перекачки имитируют промышленные сценарии, такие как управление резервуарами на нефтеперерабатывающих заводах или дозирование компонентов в пищевой промышленности.

- Безопасность — обучение проходит без риска повреждения дорогостоящего промышленного оборудования.

Преимущества стенда

- Универсальность — комбинация ультразвуковых, поплавковых и ёмкостных датчиков позволяет сравнивать их характеристики.
- Гибкость — использование Arduino Nano обеспечивает простоту программирования и возможность интеграции дополнительных модулей (например, Wi-Fi для удаленного мониторинга).
- Экономичность — стоимость стенда ниже промышленных аналогов, что делает его доступным для учебных заведений.
- Мобильность — малые габариты и использование без стороннего оборудования: не нужны шланги для заливания жидкости в резервуары.

Виды используемых датчиков:

Ультразвуковой датчик [1]. Был выбран из-за возможности бесконтактного измерения, потому что не контактируют с жидкостью, подходят для агрессивных сред, имеет широкий диапазон измерения — измеряет уровень от 2 см до 10 м (зависит от модели), и имеет высокую точность — погрешность $\pm 0.1\text{--}3\%$ от диапазона.

Принцип работы ультразвукового датчика.

Ультразвуковой дальномер определяет расстояние до объектов точно так же, как это делают дельфины или летучие мыши. Он генерирует звуковые импульсы на частоте 40 кГц и слушает эхо. По времени распространения звуковой волны туда и обратно можно однозначно определить расстояние до объекта.

В отличие от инфракрасных дальномеров, на показания ультразвукового дальномера не влияют засветки от солнца или цвет объекта. Даже прозрачная поверхность будет для него препятствием. Но могут возникнуть трудности с определением расстояния до пушистых или очень тонких предметов.

Поплавковые датчики. [2] Этот тип используется за его простоту и надежность, т.к. представляет собой механическую конструкцию без сложной электроники, но тем не менее поддерживает работу с вязкими жидкостями такими как масла, шламы, сточные воды.

Принцип работы поплавкового датчика.

Поплавковый датчик-выключатель уровня воды обладает несложной конструкцией со следующими комплектующими:

- плавающий пластиковый или стальной нержавеющий корпус, который включает в себя электропереключатель и рычажное устройство для переключения контакта;

Поплавковые датчики-выключатели — универсальный вариант как для бытового, так и промышленного оборудования, корректно срабатывающий при переполнении или опустошении накопительных резервуаров.

Если поплавок имеет нижнее положение, происходит замыкание цепи между общим и нормально закрытым проводами. При переходе устройства в верхнее положение замыкаются общий и нормально открытый контакты. Если какой-либо провод не задействован в схеме подключения, его необходимо надежно изолировать.

Емкостные датчики [3]. Из преимуществ ёмкостных датчиков:

- Высокая точность – погрешность $\pm 0.5\text{--}1$ мм.
- Работа с агрессивными средами – если электроды из нержавеющей стали или тефлона.
- Компактность – можно устанавливать в узкие резервуары.

Принцип работы емкостного датчика.

Основным элементом емкостных датчиков является конденсатор, который может быть выполнен в плоском или цилиндрическом виде. Когда подвижная пластина конденсатора начинает перемещаться, увеличивая расстояния до неподвижной пластины, происходит деформация диэлектрика, при этом изменяется его положение, ведущее к изменению диэлектрической проницаемости и еще многих параметров.

Кондуктометрические датчики [4]. Были включены в этот концепт из-за ряда преимуществ:

- Отсутствие движущихся частей;
- Устойчивость к вибрациям и механическим воздействиям;
- Мгновенная реакция на изменение уровня жидкости;
- Работа с агрессивными средами (кислоты, щелочи);
- Устойчивость к пено, пару и загрязнениям;
- Простота эксплуатации, легкий монтаж и настройка;
- Возможность работы в тяжелых промышленных условиях.

Принцип работы кондуктометрического датчика.

Принцип действия кондуктометрического датчика основан на разнице между электропроводностью воздуха и жидкости. Эта разница фиксируется двумя электродами: сигнальным, установленным на необходимом уровне, и

общим. Когда поверхность жидкости соприкасается с сигнальным электродом, происходит замыкание между двумя электродами.

Кондуктометрические датчики применяются для измерения уровня как в металлических, так и неметаллических резервуарах.

В металлических резервуарах количество применяемых для измерения сигнальных электродов соответствует числу измеряемых уровней, а общим электродом служит стенка резервуара. В этом случае потребителю следует приобрести датчик с соответствующим количеством электродов (в зависимости от количества сигнализируемых уровней) требуемой длины.

В неметаллических резервуарах количество электродов должно быть на один больше, чем число сигнализируемых уровней, поскольку один из них служит в качестве общего электрода.

Практическое применение

Стенд может быть использован:

В лабораторных работах по курсам «Автоматизация технологических процессов», «Микропроцессорная техника».

На направлениях в КузГТУ: «Электроника и наноэлектроника», «Электроэнергетика и электротехника», «Техносферная безопасность», «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств», «Техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств», «Монтаж, техническое обслуживание, эксплуатация и ремонт промышленного оборудования (по отраслям)» [8].

Для научных исследований — тестирование новых алгоритмов управления или калибровка датчиков под различные среды.

В производственном обучении — повышение квалификации сотрудников предприятий.

Перспективы развития

Интеграция с SCADA-системами — позволит студентам работать с промышленными интерфейсами.

Расширение функционала — добавление модулей для работы с вязкими жидкостями или сыпучими материалами.

Создание мобильного приложения — визуализация данных в реальном времени на смартфонах и планшетах.

Примеры промышленных аналогов:

- Учебный стенд для изучения уровнемеров жидкости различного принципа действия, применяемых в нефтяной промышленности, НФТ-УЖ -14ЛР-017 [5]

- Учебный комплекс КИ [6]
- Метрологический стенд для поверки, калибровки и ремонта СИ уровня [7]

Концепт, предлагаемый в материале, отличается от большинства типовых стендов, производимых некоторыми компаниями, тем, что он дешевле в изготовлении. Имеет удобный для переноса корпус, который не требует дополнительных подключений к системам водоснабжения и водоотведения. Требуется только кабель питания, при этом можно создать и полностью автономную вариацию стенда, где питание реализовано от аккумулятора.

Заключение

Рассмотренная концепция стендса будет формировать у студентов компетенции в области автоматизации, способствовать инновационному развитию образовательных программ. Его внедрение в учебные и производственные процессы повысит качество подготовки специалистов, готовых к решению реальных производственных задач, и облегчит работу на предприятиях.

Список использованной литературы

1. Описание ультразвукового датчика / Текст: электронный // Амперка [Сайт]. URL: <https://surl.li/srrzpn> (Дата обращения: 29.05.2025)
2. Описание поплавковых датчиков уровня. Текст: электронный // Mosklapan [Сайт]. URL: <https://surl.gd/cwveme> (Дата обращения: 29.05.2025)
3. Описание емкостных датчиков. / Текст: электронный // Leuze [Сайт] <https://leuze.ru/emkostnye-datchiki>
4. Принцип работы кондуктометрических датчиков. / Текст: электронный // Leuze [Сайт] <https://surl.li/keayij> (Дата обращения: 29.05.2025)
5. Контроль и измерение уровня жидкости КИУ. / Текст: электронный // Денар [Сайт] <https://denar-prof.ru/products/1256> (Дата обращения: 29.05.2025)
6. Учебный стенд для изучения уровнемеров жидкости / Текст: электронный // Учтех-Профи [Сайт] <https://clck.ru/3JwBv7> (Дата обращения: 29.05.2025)
7. Метрологический стенд для поверки, калибровки и ремонта СИ уровня. / Текст: электронный // КИПиА [Сайт] <https://clck.ru/3JwN6Q> (Дата обращения: 29.05.2025)
8. Кузбасский государственный университет имени Т. Ф. Горбачёва. / Текст: электронный // КузГТУ [Сайт] <https://kuzstu.ru/abiturientu/> (Дата обращения: 29.05.2025)