

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ SCADA-СИСТЕМЫ ДЛЯ СБОРА, ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АРХИВИРОВАНИЯ ДАННЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ИДТ-90

Мяснянкин Юрий Алексеевич

Студент;

Государственный университет «Дубна»;

141980, г. Дубна, Московская область, ул. Университетская, д.19;

e-mail: miiaa.22@uni-dubna.ru.

В статье рассматривается программная автоматизация моторного стенда ИДТ-90. Описана архитектура сбора данных на базе контроллера и SCADA-системы SIMP Light. Представлены практические решения по созданию интерфейса (HMI) для сенсорного управления, фильтрации зашумленных сигналов и организации энергонезависимого счетчика наработки. Показан механизм асинхронной передачи XML-отчетов в корпоративную сеть предприятия, что избавляет от ручного ведения бумажных журналов и повышает точность учета результатов испытаний.

Ключевые слова: SCADA-система, автоматизация, ИДТ-90, Modbus, человеко-машинный интерфейс, XML, экспорт данных.

Для цитирования:

Мяснянкин Ю. А. Разработка и внедрение SCADA-системы для сбора, визуализации и архивирования данных испытательного стенда ИДТ-90 // Системный анализ в науке и образовании. 2026. № 2. С. 10-14. EDN: OAEWRN. URL: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/708>.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A SCADA SYSTEM FOR DATA COLLECTION, VISUALIZATION, AND ARCHIVING FOR THE IDT-90 TEST BENCH

Myasnyankin Yuri A.

Student;

Dubna State University;

19 Universitetskaya Str., Dubna, Moscow region, 141980;

e-mail: miiaa.22@uni-dubna.ru.

The paper focuses on the software automation of the IDT-90 motor test bench. A data acquisition architecture based on a controller and the SIMP Light SCADA system is described. Practical solutions for creating a touch-control interface (HMI), filtering noisy signals, and implementing a non-volatile operating hours counter are presented. The mechanism of asynchronous XML report transmission to the corporate enterprise network is shown, which eliminates manual paper logging and improves the accuracy of test results recording.

Keywords: SCADA system, automation, IDT-90, Modbus, human-machine interface, XML, data export.

For citation:

Myasnyankin Y. A. Development and implementation of a SCADA system for data collection, visualization, and archiving for the IDT-90 test bench. System analysis in science and education, 2026;(2):10-14 (in Russ). EDN: OAEWRN. Available from: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/708>.

Введение

Испытательный стенд ИДТ-90 – это специализированная моторная установка, представляющая собой одноцилиндровый четырехтактный двигатель с переменной степенью сжатия. Установка



Статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>

функционирует на базе аккредитованной испытательной лаборатории нефтеперерабатывающего профиля и предназначена для проведения сертификационных и исследовательских испытаний.

Главная задача стенда – определение цетанового числа дизельных топлив в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта ГОСТ 3122 [1]. Цетановое число характеризует период задержки самовоспламенения рабочей смеси в цилиндре (оптимальное значение данного показателя для современных дизельных двигателей находится в диапазоне от 40 до 55). От точности этих измерений напрямую зависит оценка качества выпускаемых нефтепродуктов на производстве. Раньше параметры фиксировались лаборантом визуально по стрелочным приборам и устаревшим индикаторам (ИПЗВ-2), после чего результаты переписывались от руки.

Задачей данного проекта стала разработка верхнего уровня АСУ ТП – SCADA-системы, которая берет на себя непрерывный опрос датчиков, обработку математики и автоматическую отправку электронных отчетов в базу данных предприятия [2].

1. Информационная модель и архитектура

Архитектура разработанного комплекса построена на классической трехуровневой модели автоматизации [3]. Разделение системы на независимые уровни позволяет локализовать неисправности и упрощает дальнейшее обслуживание стенда.

1.1 Полевой уровень и сбор первичных данных

На самом нижнем уровне располагается моторный стенд ИДТ-90 и комплекс контрольно-измерительных приборов. Специфика объекта заключается в том, что рабочие процессы внутри цилиндра протекают крайне быстро, а двигатель генерирует сильные вибрации.

В качестве первичных источников данных выступают измерители-регуляторы (типа *TPM10*), фиксирующие температуру масла и охлаждающей жидкости (тосола), а также датчики параметров окружающей среды (атмосферного давления и температуры воздуха). Рабочие нагрузки считываются через датчики давления масла, сигнал с которых поступает в виде «сырых» кодов аналого-цифрового преобразователя (*ADC*). Контроль вращения и фаз газораспределения обеспечивается датчиками оборотов ДВС и фиксацией опорных контрольных сигналов (меток 0° и 13°).

Главная задача аппаратуры на этом этапе – непрерывно оцифровывать физические величины и передавать их на уровень контроллера для последующего вычисления критически важных показателей: угла опережения впрыска и задержки воспламенения топлива.

1.2 Контроллерный уровень и сетевое взаимодействие

Промежуточным вычислительным звеном выступает программируемый логический контроллер *PLC (Programmable Logic Controller)*. Он работает в жестком реальном времени: собирает аналоговые и дискретные сигналы с датчиков, оцифровывает их и раскладывает по своим внутренним регистрам памяти.

Для связи контроллера с компьютером оператора был выбран промышленный протокол *Modbus TCP (Transmission Control Protocol)*. Передача данных осуществляется поверх стандартной сети Ethernet [4]. Выбор именно этого протокола продиктован практическими соображениями: вблизи работающего дизеля обычные линии связи часто ловят электромагнитные наводки, вызывающие искажения данных. Использование экранированной витой пары и протокола *TCP/IP* с проверкой целостности пакетов гарантирует, что данные дойдут без искажений. Контроллер в этой связке работает в режиме *Slave* (ведомый) — он просто обновляет цифры в регистрах и ждет запроса сверху.

1.3 Верхний уровень управления и диспетчеризации

Ядром программной части является рабочая станция на базе мини-ПК с установленной SCADA-системой *SIMP Light* [5]. Этот узел берет на себя роль Master-устройства. Программа с заданной частотой отправляет контроллеру запросы на чтение массива регистров.

Получив ответный пакет, SCADA разбирает его на отдельные переменные (теги). Именно на этом уровне «сырые» цифры вовлекаются в работу: они пропускаются через скрипты фильтрации, отображаются на графиках и записываются в базу данных. Логика верхнего уровня выстроена так, чтобы максимально защитить процесс: если сетевой кабель случайно повредится или контроллер перестанет отвечать по таймауту, программа не зависнет, а немедленно переведет все индикаторы на экране в состояние недоверности и зафиксирует обрыв в журнале тревог.



Рис. 1. Структурная информационная модель комплекса ИДТ-90

2. Проектирование интерфейса оператора

Интерфейс *HMI (Human-Machine Interface)* проектировался с учетом того, что лаборант будет работать с помощью сенсорного экрана [6]. Чтобы оператору было удобно управлять стендом в производственных условиях, кнопки и поля ввода увеличены, и ими можно комфортно пользоваться без компьютерной мыши [7].

На главной мнемосхеме используется классическое цветовое кодирование: штатные режимы отображаются зеленым, выход значений к границам нормы – желтым, а аварийные параметры подсвечиваются мигающим красным цветом. Для визуального контроля за процессом выведен экран трендов. Он позволяет в одном окне накладывать графики давления и температуры друг на друга, что упрощает анализ поведения топлива в динамике.

3. Алгоритмическая обработка сигналов

Получение данных от контроллера по протоколу *Modbus* требует их специфической программной обработки до вывода на экран оператора. Например, температурные параметры от измерителей-регуляторов *TPM10* считываются в виде 16-битных слов, где биты с 0 по 14 содержат температуру с множителем 10 (значение 230 соответствует 23,0 °C), а 15-й бит выступает флагом обрыва измерительной цепи. Значение 65535 указывает на потерю связи с блоком. *SCADA*-система выполняет побитовые операции для масштабирования температуры и одновременного контроля исправности датчиков.

Аналогичным образом обрабатываются углы опережения зажигания и сигнал с датчика давления масла. Последний считывается в формате «сырого» кода аналого-цифрового преобразователя (*ADC*) и пересчитывается в инженерные единицы непосредственно в скриптах *SIMP Light* [5] по калибровочной формуле.

Особое внимание в программном обеспечении уделено модулю учета наработки оборудования. Контроллер передает данные в виде трех отдельных регистров (секунды, минуты и часы). Программный модуль верхнего уровня агрегирует их, циклически сохраняет в инициализационный файл (для защиты от потери данных при отключении электропитания) и управляет процессом записи, отправляя команду разрешения счета в соответствующий *Holding*-регистр (регистр хранения протокола *Modbus*, доступный для чтения и записи управляющих команд) контроллера.

Кроме пассивного сбора данных, *SCADA*-система реализует управляющие функции. В частности, через запись в регистры оператор может динамически задавать глубину усреднения вычисления углов за количество рабочих циклов (от 10 до 255), что позволяет настраивать точность измерений в зависимости от режима работы дизельного двигателя и уровня высокочастотных помех.

4. Генерация отчетов и экспорт данных

Итоговая цель модернизации – полный отказ от бумажной работы. В процессе испытания программа пишет все параметры в локальную базу данных реального времени (оперативный архив рассчитан на 90 дней). Когда цикл проверки топлива завершается, система вычисляет средние значения и сама формирует электронный протокол.

Затем этот файл передается в общую корпоративную сеть предприятия [4]. Для этого настроен автоматический экспорт в формате *XML (eXtensible Markup Language)*. Это структурированный текст, который центральный сервер предприятия забирает из сетевой папки и вносит в главную базу данных. Такая асинхронная схема работы страхует от потери информации: если корпоративная сеть на заводе временно пропадет, *XML*-файлы просто накопятся в папке на мини-ПК и отправятся позже, когда связь восстановится. Для удобства просмотра и печати протокол параллельно сохраняется в формате *PDF*.

Заключение

Рассмотренный в статье подход к автоматизации испытательного стенда ИДТ-90 на базе современной SCADA-системы демонстрирует высокую эффективность цифровой трансформации процесса измерения цетанового числа дизельных топлив. Переход к автоматизированному сбору данных, программной фильтрации зашумленных сигналов и алгоритмической агрегации результатов позволяет минимизировать влияние «человеческого фактора» при проведении испытаний.

Организация асинхронного экспорта электронной отчетности в форматах XML и PDF обеспечивает надежную и независимую интеграцию стендового оборудования с корпоративными базами данных предприятия. Применение описанных архитектурных решений способствует повышению достоверности измерений, значительному сокращению времени на подготовку документации и обеспечению сквозной прослеживаемости результатов, формируя надежную методологическую и техническую базу для дальнейшей модернизации промышленных лабораторных комплексов.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю – доктору физико-математических наук, профессору В. А. Петрову (Генеральный директор Консорциума «ЭнРеКа», доцент кафедры ИУТС ГБОУ ВО «Университет «Дубна», член-корреспондент МАНИ, академик МАИИ, эксперт «ОПОРЫ РОССИИ») за ценные консультации, методологические рекомендации и всестороннюю поддержку при подготовке данной статьи.

Список источников

1. ГОСТ 3122-67. Топлива дизельные. Определение цетанового числа моторным методом. – М.: Издательство стандартов, 1967. - 12с.
2. Михеев В. А., Щуровский Д. В. Современные принципы автоматизации технологического оборудования на основе серверного управления SCADA-системой // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2003. – № 2 (19). – С. 34-36.
3. Адищев И. В., Вялых И. А. Концепция создания компьютерных тренажерных комплексов на открытом программном обеспечении // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2023. – № 2. – С. 129-141.
4. Шишов О. В., Заводунов А. О., Славкин А. С. Представление современных сетевых технологий АСУ ТП в учебном процессе // Огарёв-Online. – 2018. – № 13 (118). – С. 4.
5. Официальный сайт SCADA-системы SIMP Light. – URL: <https://simplight.ru> (дата обращения: 22.04.2026).
6. ГОСТ Р ИСО 9241-210-2016. Эргономика взаимодействия человек-система. Ч. 210. Человеко-ориентированное проектирование интерактивных систем : нац. стандарт Российской Федерации / Федер. агентство по тех. регулированию и метрологии. — М.: Стандартинформ, 2016.
7. Жильцова С. С. Анализ средств создания человеко-машинного интерфейса, ориентированного на пользователя // Вестник Пензенского государственного университета. – 2019. – № 2 (26). – С. 52-58.