

## ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯМИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

К.Г. Резников, С.Л. Подвальный

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

**Аннотация:** представлена интеграция адаптивной системы управления веб-приложениями с техническими системами для промышленного оборудования. Представленная система позволяет интегрировать ее в окружение технических устройств. Рассмотрена модель контроллера и интеграции адаптивной системы управления веб-приложениями с техническими системами. Представлен динамично настраиваемый интерфейс. Описаны элементы конфигурирования процессов с демонстрацией примера возможного сценария. Продемонстрирована программная реализация и список предзаготовленных функций для активизации сигналов, помощи оператору и расширения доступности технических систем. Представлен модуль визуализации с различными способами изображения данных в виде графической информации. Интеграция расширяет возможности мониторинга показателей оборудования, в автоматическом режиме корректировать ход работы, повышает качество и безопасность, а также снижает риск поломок и выхода из строя. Процесс настройки и конфигурирования доступен специалисту или оператору из интерфейса системы для ручной и автоматической настройки без необходимости внесения корректировок в работу адаптивной системы управления разработчиком. Разработанная адаптивная система управления позволяет интегрировать ее в различные технические системы, предназначенные для промышленности и не только. Интеграция расширяет возможности мониторинга показателей оборудования, в автоматическом режиме корректировать ход работы, повышает качество и безопасность, а также снижает риск поломок и выхода из строя элементов и системы в целом

**Ключевые слова:** системы управления, технические системы, промышленное оборудование, динамичный интерфейс, программное обеспечение

### Введение

В настоящее время современная промышленность проходит через этап глубокой цифровизации [1]. Ключевым элементом такой трансформации является интеграция технических систем в единое информационное окружение, обеспечивающее удаленный мониторинг, сбор статистических показателей и их автоматизированной обработки с использованием искусственного интеллекта, дальнейшей адаптацией с применением методов принятия решений, а также управление системами в реальном времени из специализированного интерфейса.

Веб-приложения, выступающие в качестве универсального и платформонезависимого интерфейса являются основным решением для реализации человеко-машинного интерфейса и панелей управления для различных систем, в том числе технических [2]. Однако, классические решения, применяемые для разработки интерфейсов управления часто не способны эффективно справляться с высокой изменчивостью условий использования и работы технических систем, связующих каналов, разнородных устройств и прочих требований к качеству, надежности, безопасности и времени

отклика, а являются строго ориентированным механизмом управления без возможности конфигурирования и расширения системы [3].

Важной функцией технических систем является отслеживание показателей в реальном времени, их обработка и возможность автоматического внесения корректировок системой в процесс, либо в виде уведомлений для оператора технической системы для ручного управления. Своевременное отслеживание показателей позволяет, например, точно рассчитывать расходуемый материал в необходимых пропорциях, автоматизировать ручное управление за счет дополнительных контроллеров, учитывать внешние параметры и свойства оборудования, такие как влажность, температура, напряжение и т.д. Учет параметров способствует не только экономному расходу, но и продлевает срок службы оборудования и деталей, а также сообщает о возможных поломках или износе составляющих.

С ростом производительности вычислительных устройств появилась возможность реализовывать более сложные связные сервисы, в том числе и для технических систем. Сложные адаптивные системы управления предоставляют функции для единовременного множественного мониторинга систем ряда устройств как одного типа, так и различного, например, при произ-

водстве предметов на всех этапах, когда в производстве одного предмета предмет переходит из одной стадии к другой пошагово, например, фрезерования, покраска и упаковка, либо параллельная обработка различных частей, которые соединяются в последующих шагах, а также комбинированное, при их сочетании.

Функционал адаптивных систем управления веб-приложениями позволяет интегрироваться в различные технические системы и динамично конфигурироваться на основе доступных интерфейсов систем, датчиков, прямого подключения к числовому программному управлению (ЧПУ) устройств, что позволяет многократно расширить спектр возможностей управления оборудования как для малых, так и для крупных технических систем [4]. Современные технические устройства оснащены множеством датчиков, но все равно не покрывают весь спектр запросов технических специалистов или операторов. Для устаревших моделей возникает возможность продления срока службы и повышения качества эксплуатации за счет интеграции подобных систем управления.

В данной статье будут рассмотрены вопросы интеграции адаптивной системы управления веб-приложениями в технические системы для промышленного оборудования, структуры динамично настраиваемого интерфейса и базовых функций, предоставляемых адаптивной системой управления. Кроме того, будут отражены особенности и детали доработок адаптивной системы управления для возможности корректного подключения.

Прежде всего, рассмотрим модель контроллера для подключения устройства.

### Модель контроллера и интеграция

Оборудование, которое требует мониторинга системой, необходимо подключить к системе управления по средствам датчиков или встроенного готового интерфейса устройства при его наличии. Датчики закрепляются на устройстве и подключаются к основному контроллеру, находящемуся вблизи устройства путем проводного или беспроводного подключения, например, Bluetooth или Wi-Fi.

Контроллером может являться персональный компьютер, мобильное устройство, смартфон, микроконтроллер, например, на базе Arduino, а также любое другое вычислительное устройство, имеющее функции связи между устройствами.

Контроллер считывает параметры датчиков в реальном времени и предоставляет точку входа для считывания данных параметров, а также предоставляет дополнительные точки входа для конфигурирования или управления подключенного устройства. Во многих современных технических устройствах, контроллером может являться блок ЧПУ или электронный блок управления (ЭБУ). Возможности технической системы с наличием блока ЧПУ или ЭБУ позволяет дополнительно расширить за счет адаптивной системы управления, а в ряде случаев заменяет ее [5]. Структура связей адаптивной системы управления с технической системой представлена на рис. 1.

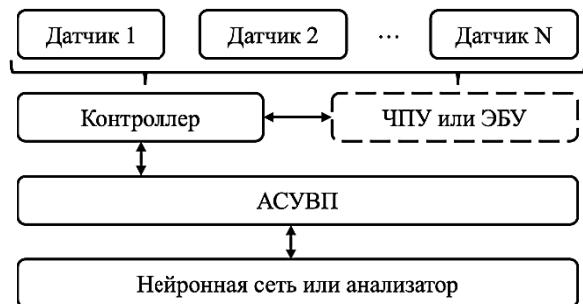


Рис. 1. Структура связей адаптивной системы управления и технической системы

Ключевой связью является отношение между контроллером и адаптивной системой управления веб-приложениями, которая осуществляется через проводное соединение, Интернет, Bluetooth, Wi-Fi или любой другой способ связи, позволяющий передавать информацию. Наиболее функциональным является Интернет-соединение, так как позволяет взаимодействовать контроллеру и системе управления на любом удаленном расстоянии при наличии удовлетворительного качества связи.

Вся доступная информация и панель управления представлены в динамично настраиваемом интерфейсе.

### Динамично настраиваемый интерфейс

Адаптивная система позволяет корректировать базовый вид и дополнительно настраивать панель управления и мониторинга оборудования, в том числе сохранять различные экраны, переключаться между рядом устройств или отображать несколько. Модуль визуализации обеспечивает широкий спектр функций, например, отслеживание разницы между показателями одной или несколькими устройствами.

ми либо сравнение с предыдущими или эталонными записями.

На рис. 2 представлен пример панели навигации, настроенный оператором технической системы. Она отражает те показатели, которые указал пользователь: количество ошибок, время в работе, текущая температура двигателя, полученная с установленного датчика температуры, и график изменения температуры двигателя в реальном времени.



Рис. 2. Интерфейс с показателями, поступающими с контроллера

Адаптивность системы управления веб-приложениями достигается за счет ее универсальности применения и способности адаптации к изменяющимся условиям ее использования и окружения в целом. Возникновение новых показателей или добавление дополнительных не требует доработок системы управления, а корректируется автоматически или вручном режиме администратором или оператором системы, без необходимости обращения к разработчикам или техническим специалистам. Система управления позволяет использовать и расширять область применения в различных целях без необходимости доработок разработчиками, и обходиться корректировками ее из интерфейса администраторами, в том числе процессов и алгоритмов работы [6].

Рассмотрим элементы конфигурирования адаптивной системы управления веб-приложениями.

### Конфигурирование процессов

Кроме базовых функций и алгоритмов, предоставляемых адаптивной системой управления, рассмотрим свободное конфигурирование процессов [7].

Зададим в адаптивной системе управления сущность шага процесса или сценария

$$X_{step} = (x_f).$$

где  $x_f$  является определенной функцией шага, тогда

$$Y_{step} = (Y_{step,1}, Y_{step,2}, \dots, Y_{step,k})$$

являются шагами, каждый имеет свою функцию  $y_k$  и тогда

$$Y_{step,k} = (y_k).$$

Каждая функция может ссылаться на функцию другого шага. Важно определить начальный и конечные шаги процесса. Каждый шаг может содержать набор системных команд, обращений во внешние сервисы или интеграцию с искусственными нейронными сетями для генерации или распознавания информации различных видов. Структуры связей шагов могут быть различными, некоторые из них представлены на рис. 3.

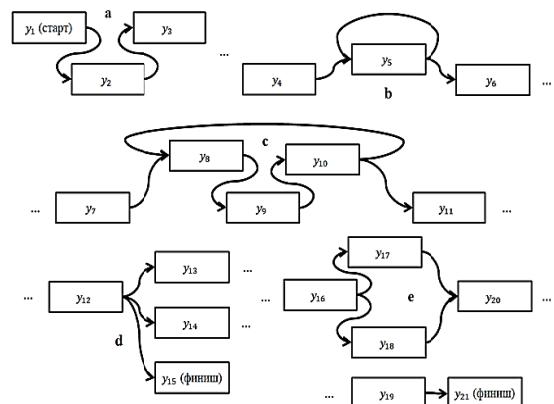


Рис. 3. Различные структуры связей процессов

Комбинирование различных структур позволяет реализовать алгоритмы любой сложности, а за счет интеграции с внешними сервисами расширяет спектр возможностей до максимально допустимых вычислительных ресурсов.

Например, интерфейс позволяет администратору сконфигурировать следующий сценарий:

1. Пусть точкой входа служит сигнал о подключении технического устройства к микроконтроллеру и отправкой запроса в адаптивную систему управления.

2. При срабатывании сигнала, по сценарию, начинается циклический опрос датчика температуры с интервалом в одну секунду.

3. Показатель с датчика записывается в журнал логирования температуры и отображается в реальном времени.

4. Модель нейронной сети обрабатывает весь список переданных показателей и сообщает о возможных ошибках.

5. Модель, отвечающая за управление с использованием методов принятия решений, формирует корректирующие значения для уровня напряжения.

6. Корректировки, переданные на микроконтроллер, сообщаются через ЭБУ техническому устройству.

7. При достижении критических температур, происходит остановка работы в безопасном режиме.

Адаптивная система управления позволяет интегрировать различные сервисы в конфигуратор сценариев, а также содержит ряд готовых решений и функций.

### Программная реализация и функции

Адаптивная система управления имеет ряд предзаготовленных функций и возможностей, например, внести исходный код на языке программирования JavaScript [8], интегрировать сервис, указать функцию и т.д.

За счет грамотно построенной архитектуры адаптивной системы, дополнение новых функций не является сложной задачей. Рассмотрим ряд полезных настроенных функций.

Первая часть функций связана с провоцированием сигналов по достижению определенных событий:

- отсчет времени и таймеры, например, автоматическое отключение устройства через один час работы с целью избежания перегрева.

- лимиты, например, при достижении показателя до определенного значения,

- уведомления на панели управления, для своевременного доведения до оператора важных сообщений.

Вторая часть относится к аналитическим помощникам оператора:

- прогнозирование и рекомендации, например, при считывании значений показателей, возникают, распознанные системой ситуации и их комбинации, которые привели к губительным последствиям,

- расхождение с эталонными показателями и сохранение наилучших результатов работы в качестве эталонных,

- автоматический поиск и обработка системных ошибок системы.

Третья часть связана с расширением доступности систем:

- перевод и озвучивание элементов управления для операторов с отличающимся языком или имеющим сложности в восприятии информации,

- симуляция работы технических систем для обучения начинающих специалистов и использования в качестве тренажеров.

Так как система управления визуально представляет собой различные настраиваемые панели и интерфейс для взаимодействия с пользователем, то особое внимание уделяется модулю визуализации.

### Модуль визуализации

Модуль визуализации включает ряд встроенных решений для детального отображения различных графиков, диаграмм, схем, в том числе визуализацию данных в трехмерном пространстве [9].

Визуализация данных поддерживает одновременное отображение множества массивов, а также любые формы их преобразования, например, с использованием формул и зависимостей. Например, на рис. 4 отображен график показателей отклонений относительно исходного положения с нескольких датчиков акселерометров.

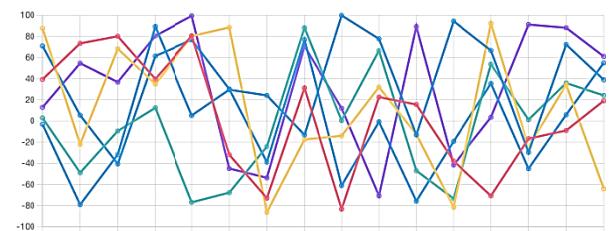


Рис. 4. График показателей датчиков отклонения

На рис. 5 отражена круговая диаграмма показателей, распределенных по группам для визуального анализа.

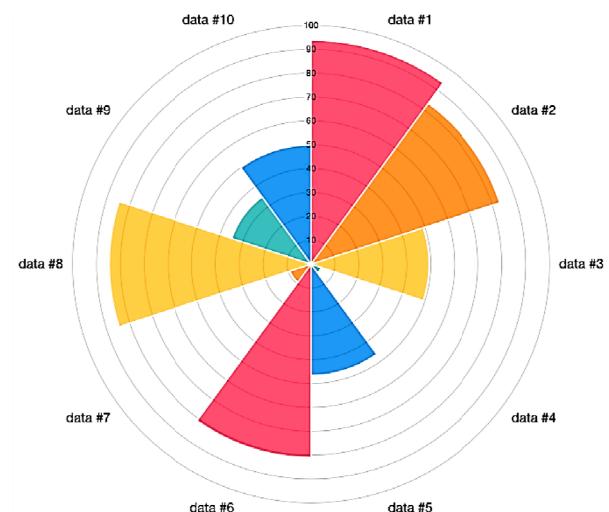


Рис. 5. Круговая диаграмма модуля визуализации

Графические методы визуализации предоставляют возможность изобразить на панели

управления показатели различных типов, в том числе зависимые или рассчитанные по определенным алгоритмам. Таким образом, анализ в динамике или по завершению процессов становится доступнее [10].

## Заключение

Таким образом, в данной статье представлена адаптивная система управления веб-приложениями, позволяющая интегрировать ее в окружение технических систем. Рассмотрена модель контроллера и интеграции адаптивной системы управления веб-приложениями с техническими системами. Представлен динамично настраиваемый интерфейс. Описаны элементы конфигурирования процессов с демонстрацией примера возможного сценария. Продемонстрирована программная реализация и список предзаготовленных функций для активизации сигналов, помощи оператору и расширения доступности технических систем. Представлен модуль визуализации с различными способами изображения данных в виде графической информации.

Разработанная адаптивная система управления позволяет интегрировать ее в различные технические системы, предназначенные для промышленности и не только. Интеграция расширяет возможности мониторинга показателей оборудования, позволяет в автоматическом режиме корректировать ход работы, повышает качество и безопасность, а также снижает риск поломок и выхода из строя. Процесс настройки и конфигурирования доступен специалисту или оператору из интерфейса системы для ручной и автоматической настройки без необходимости внесения корректировок в работу адаптивной системы управления разработчиком.

## Литература

1. Тимофеенко С.В., Резников К.Г. Разработка веб-приложения для мониторинга и управления промышленным оборудованием // Математика, информационные технологии, приложения: сб. трудов Межвуз. науч. конф. молодых ученых и студентов. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2024. С. 895-901.
2. Тиханычев О.В. Пользовательские интерфейсы в автоматизированных системах: проблемы разработки // Программные системы и вычислительные методы. 2019. № 2. С. 11-22.
3. Гучук В.В. Проектирование человеко-машинных интерфейсов для систем испытания сложных научно-технических объектов // Актуальные проблемы гуманистичных и естественных наук. 2014. № 12-1. С. 46-51.
4. Быкова А.В. Передача динамических показателей с цифровых датчиков через контроллер Arduino NANO на контроллер Arduino UNO // Инновационные научные исследования. 2021. № 6-3(8). С. 264-269.
5. Исмагилова И.М., Валеев С.С. Построение динамических адаптивных интерфейсов информационно-управляющих систем на основе методов искусственного интеллекта // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2018. Т. 22. № 2(80). С. 122-130.
6. Русов А.И., Машков В.Г. Динамические процессы в модели пользователя-специалиста в системах автоматизированного освоения сложных технических систем // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XV междунар. науч.-метод. конф. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2015. Т. 3. С. 138-141.
7. Резников К.Г., Подвальный С.Л. Разработка модуля веб-приложений для конфигурирования алгоритмов обработки данных в виде блок-схем // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах: труды Междунар. молод. науч. шк. Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2025. С. 74-77.
8. Современный учебник JavaScript. URL: <https://learn.javascript.ru/> (дата обращения: 26.09.2025)
9. Резников К.Г., Медведев С.Н. Разработка программного обеспечения для визуализации трехмерных поверхностей в веб-браузере // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2021. Т. 17. № 6. С. 13-19.
10. Кудрявцев М.А. Методика измерения сложности восприятия графического интерфейса пользователя // Современные инновации. 2017. № 4 (18). С. 10-12.

Поступила 15.09.2025; принята к публикации 10.11.2025

## Информация об авторах

**Резников Константин Георгиевич** – аспирант кафедры автоматизированных и вычислительных систем, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: rkg@reznikovk.ru, тел.: +7 (951) 564-36-44

**Подвальный Семен Леонидович** – д-р техн. наук, профессор, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: spodvalny@yandex.ru, тел: +7 (929) 011-21-53

## USING OF AN ADAPTIVE WEB APPLICATION MANAGEMENT SYSTEM IN TECHNICAL SYSTEMS FOR INDUSTRIAL EQUIPMENT

K.G. Reznikov, S.L. Podvalny

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

**Abstract:** the article presents the integration of an adaptive web application control system with technical systems for industrial equipment. The presented system enables its integration into the environment of technical devices. A controller model and the integration of the adaptive web application control system with technical systems are considered. A dynamically configurable interface is presented. Process configuration elements are described, with an example of a possible processes demonstrated. A software implementation and a list of pre-configured functions for activating signals, assisting the operator, and expanding the availability of technical systems are demonstrated. A visualization module with various methods for displaying data as graphical information is presented. Integration expands the capabilities of monitoring equipment performance, automatically adjusting operation, improving quality and safety, and reducing the risk of breakdowns and failures. The setup and configuration process is accessible to a specialist or operator from the system interface for manual and automatic configuration, without the need for the developer to make adjustments to the adaptive control system

**Key words:** management systems, technical systems, industrial equipment, dynamic interface, software

### References

1. Timofeenko S.V., Reznikov K.G. "Development of a web application for monitoring and controlling industrial equipment", *Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems ("Razrabotka veb-prilozheniya dlya monitoringu i upravleniya promyshlennym oborudovaniyem", Aktual'nyye problemy prikladnoy matematiki, informatiki i mekhaniki)*, Voronezh, VSU, 24-25 April 2024, pp. 895-901.
2. Tikhanychev O.V. "User interfaces in automated systems: development issues", *Software Systems and Computational Methods (Programmnyye sistemy i vychislitel'nyye metody)*, 2019, no. 2, pp. 11-22.
3. Guchuk V.V. "Design of human-machine interfaces for testing systems of complex scientific and technical objects", *Current Issues in Humanities and Construction Sciences (Aktual'nyye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk)*, 2014, no. 12-1, pp. 46-51.
4. Bykova A.V. "Transferring dynamic readings from digital sensors via the Arduino NANO controller to the Arduino UNO controller", *Innovative Scientific Research (Innovatsionnye nauchnye issledovaniya)*, 2021, no. 6-3(8), pp. 264-269.
5. Ismagilova I.M., Valeev S.S. "Construction of dynamic adaptive interfaces for information and control systems based on artificial intelligence methods", *Bulletin of Ufa State Aviation Technical University (Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviationsionnogo tekhnicheskogo universiteta)*, 2018, vol. 22, no. 2(80), pp. 122-130.
6. Rusov A.I., Mashkov V.G. "Dynamic processes in the user-specialist model in automated systems for mastering complex technical systems", *Proc. of the XV Int. Sci. and Methodological Conf.: Computer Science: Problems, Methodology, Technologies*, Voronezh, VSTU, February 12-13, 2015, vol. 3, pp. 138-141.
7. Reznikov K.G., Podvalny S.L. "Development of a web application module for configuring data processing algorithms in the form of flowcharts", *Proc. of the Int. Youth Scientific School: Optimization and Modeling in Automated Systems*, Voronezh, VSTU, December 11-12, 2024, pp. 74-77.
8. Modern textbook about JavaScript, available at: <https://learn.javascript.ru/> (date of access: 26.09.2025)
9. Reznikov K.G., Medvedev S.N. "Development of software for visualization of three-dimensional surfaces in a web browser", *Bulletin of Voronezh State Technical University (Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta)*, 2021, vol. 17, no. 6, pp. 13-19.
10. Kudryavtsev M.A. "Methodology for measuring the complexity of perception of a graphical user interface", *Modern Innovations*, 2017, no. 4 (18), pp. 10-12.

Submitted 15.09.2025; revised 10.11.2025

### Information about the authors

**Konstantin G. Reznikov**, graduate student, Voronezh State Technical University (84 20-letiya Oktyabrya str., Voronezh 394006, Russia), e-mail: rkg@reznikovk.ru, tel.: +7 (951) 564-36-44

**Semyon L.Podvalny**, Dr. Sc. (Technical), Professor, Voronezh State Technical University (84 20-letiya Oktyabrya str., Voronezh 394006, Russia), e-mail: spodvalny@yandex.ru, tel.: +7 (929) 011-21-53