

# ПРОГНОЗНЫЙ МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**В.В. Потехин**

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)*  
Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29  
Slava.Potekhin@spbstu.ru

**С.С. Савельев**

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)*  
Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29  
saveliev.ss@edu.spbstu.ru

**Е.А. Ушаков**

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)*  
Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29  
ushakov2.ea@edu.spbstu.ru

**Ключевые слова:** прогнозный мониторинг, композитные материалы, SCADA, цифровой двойник.

**Аннотация** В статье рассматривается разработка системы мониторинга контроля и оптимизации параметров технологического процесса сварки композитных материалов. Авторы предлагают решение для обеспечения качества и безопасности производства, а также повышения эффективности сварочного процесса. Описываются ключевые компоненты системы мониторинга, принципы работы и интеграция в существующий технологический процесс.

## 1. Введение

В связи с повышением качества и процессом технологического переоборудования промышленных предприятий, на многих из них устанавливаются автоматизированные системы мониторинга параметров технологических процессов, будь то станок или металлургическая печь. Данные системы позволяют собирать большое количество данных о различных технологических процессах и эффективно отслеживать изменения параметров в реальном масштабе времени. Эти системы позволяют собирать необходимое и достаточное количество данных для реализации интеллектуальных систем управления. Одним из вариантов использования полученных данных являются цифровые двойники, которые представляют из себя модели объектов управления. Получаемые таким образом модели демонстрируют преимущество перед классическими методами диагностики в том, что они могут подстраиваться под особенности каждого конкретного объекта управления, а также выявлять и подстраиваться под изменения их параметров. [1-8]

## 2. Разработка интеллектуальных систем

Одним из примеров использования накопленных статистических данных является разработка прогнозных моделей. Это достаточно востребованная задача по ряду причин; во-первых, корректно составленная модель способна предсказать срок износа элементов объекта управления, что позволит точнее планировать время регламентных работ, избегая лишнего или незапланированного простоя оборудования. Во-вторых, полученные закономерности позволяют выполнять оптимизацию параметров технологического процесса для повышения эффективности производства. В-третьих, данные системы позволяют выявлять аномалии технологического процесса и вовремя устранять неисправности, что повышает безопасность и срок службы оборудования.

Многочисленные методы и алгоритмы разработаны в области диагностического обслуживания для обеспечения точных и своевременных прогнозов отказов оборудования и требований к техническому обслуживанию. Чтобы получить ценную информацию из собранных данных и сделать прогнозы на основе шаблонов и тенденций, в данных методах используются комплексные методы анализа данных и машинного обучения [1].

## 3. Объект управления

Объектом автоматизации в данном проекте является специальное оборудование для автоматического исполнения индукционной сварки (СО АИИС) – станок ЧПУ с индукционной сварочной головкой.

АСУ ТП для СО АИИС имеет следующее назначение:

- централизованный оперативный и диспетчерский контроль параметров работы отдельных видов основного и вспомогательного оборудования, механизмов и агрегатов;
- предоставление персоналу необходимой технологической информации, расчетных параметров и отчетов;
- долгосрочное хранение и обработка информации о параметрах технологического процесса;
- обеспечение достоверной информацией функциональных приложений, предназначенных для решения задач моделирования и оптимизации производственных процессов.

Для управления комплексом станка используется ряд следующих датчиков (см. рис. 1) и данные, получаемые от них:

- датчик температуры воздуха;
- расходомер, измеряющий скорость расхода воздуха;
- датчик усилия;
- датчик температуры материала;
- датчик температуры жидкости;
- датчик расстояния головки;
- датчик давления жидкости;
- датчик тока и напряжения для измерения потребляемой мощности;
- датчик давления воздуха.

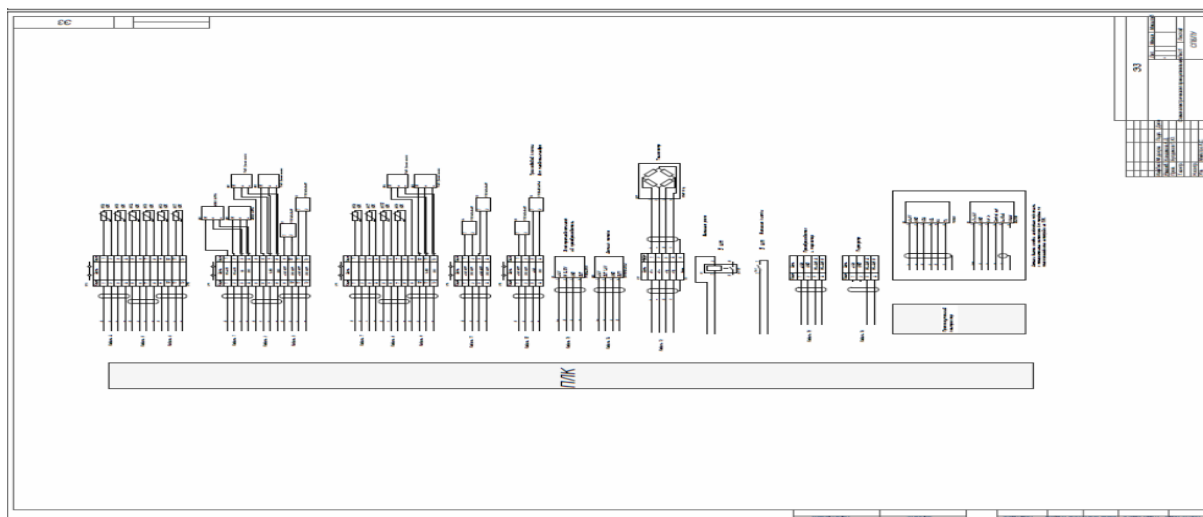


Рис. 1. Принципиальная схема датчиков и исполнительных механизмов.

#### 4. Разработка программы сбора и графической визуализации параметров технологического процесса

Разработанная программа решает задачу сбора и отображения информации о процессе сварки углепластиковых элементов, а также позволяет отслеживать и определять технологические параметры сварки оператором по показаниям датчиков с целью повышения качества сварки элементов.

Программа выполнена в среде разработки MasterSCADA 4D, которая реализует следующие функции:

- 1) Получение данных от автоматизированной системы регистрации информации.
- 2) Преобразование данных в форму для последующего анализа.
- 3) Графическое представление данных для анализа и оптимизации процесса сварки.

В качестве выходной информации программа выводит текущие значения параметров и графики, позволяющие отслеживать изменения в динамике.

На рис. 2 представлен интерфейс программы с наличием мнемосхемы.

#### 5. Заключение

Разработка системы мониторинга параметров технологического процесса сварки композитных материалов является важным шагом в обеспечении качества и безопасности производственного процесса. Реализованная система способна значительно повысить безопасность работы, так как позволяет контролировать отклонение параметров технологического процесса от заданных уставок и тем самым предотвращать аварийные ситуации и появление брака. Также предложенная система способна оптимизировать параметры сварки, что в свою очередь повышает эффективность и снижает затраты на производство. Внедрение системы на предприятиях позволит улучшить качество выпускаемой продукции и повысить конкурентоспособность на рынке.

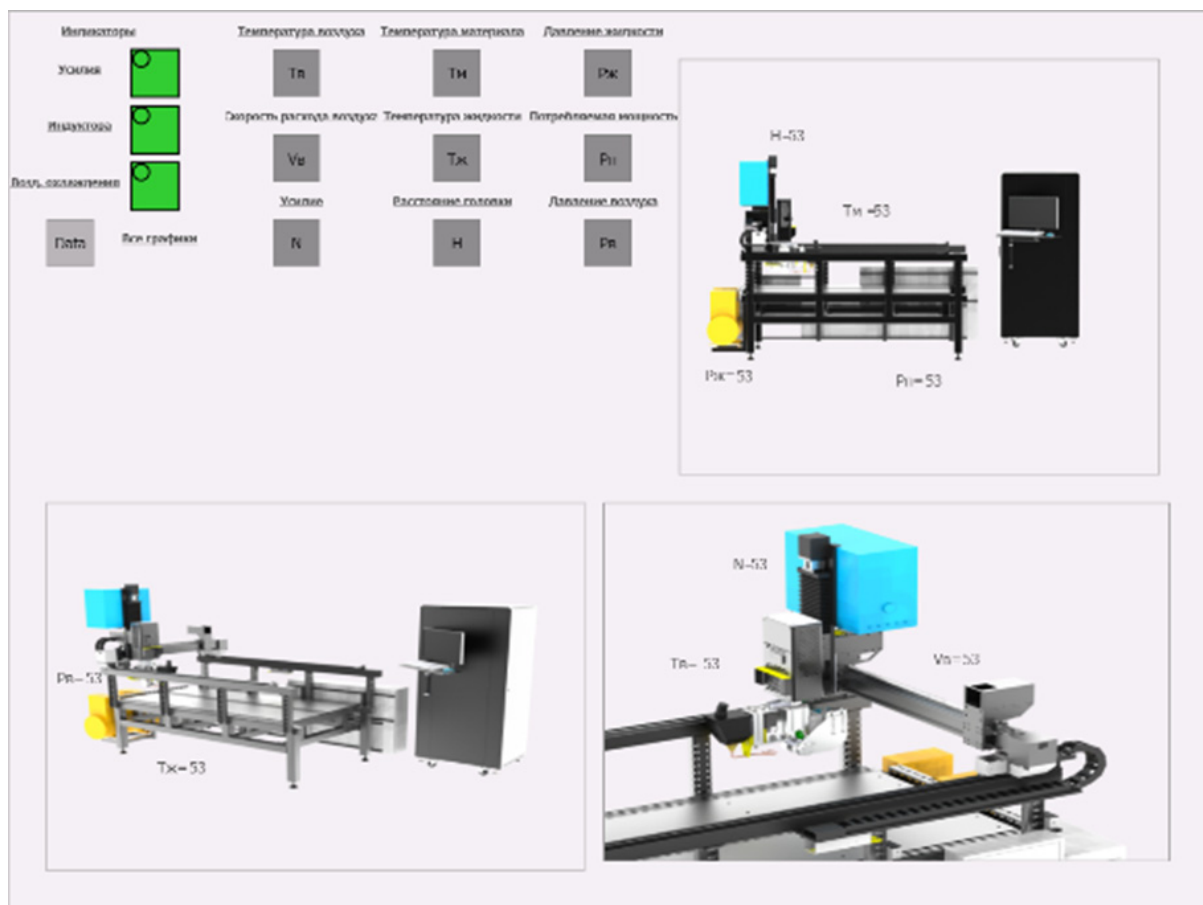


Рис. 2. Запущенный интерфейс с наличием мнемосхемы.

## Список литературы

1. Арсеньев Д.Г., Амирхоссин Б., Лядский Д.Д., Потехин В.В. Прогнозный мониторинг в обслуживании интеллектуальных промышленных систем // XVI Всероссийская мультikonференция по проблемам управления (МКПУ-2023). Материалы мультikonференции. В 4-х томах. Редколлегия: И.А. Каляев, В.Г. Пешехонов, С.Ю. Желтов и др.. Волгоград, 2023. С. 230-232.
2. Войтов В.В., Лядский Д.Д., Болотов С.В., Захарченков К.В., Потехин В.В. Состав и структура программно-аппаратного комплекса контроля эффективности работы оборудования и идентификации персонала // Энергетика, управление и автоматизация: инновационные решения проблем. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции обучающихся и преподавателей / Под общей редакцией Т.Ю. Коротковой, сост. М.С. Липатов, Е.Н. Лашина. Санкт-Петербург, 2023. С. 273-277.
3. Alekseev A.P., Efremov V.V., Potekhin V.V., Zhao Y., Du H. Digital Twin Analytic Predictive Applications in Cyber-Physical Systems // Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. Vol. 95. P. 368-377.
4. Potekhin V.V., Alekseev A.P., Kuklin E.V., Khitrova Ya.D., Kozhubaev Yu.N. Cloud Distributed Control System Based on Open Process Automation Platform // Computing, Telecommunications and Control. 2023. Vol. 16, No. 2. P. 17-28.
5. Katalinič B., Kostenko D., Onufriev V.A., Potekhin V.V. Cyber-Physical Systems in Complex Technologies and Process Control // Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. Vol. 95. P. 40-54.
6. Kostenko D., Kudryashov N., Maistrishin M., Onufriev V., Potekhin V., Vasiliev A. Digital Twin Applications: Diagnostics, Optimisation and Prediction // Автоматика. Информатика. 2020. № 1. С. 106-113.
7. Potekhin V.V., Bahrami A.H., Katalinič B. Developing Manufacturing Execution System with Predictive Analysis // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 15. 15th International Conference on Industrial Manufacturing and Metallurgy 2020. P. 012117.
8. Potekhin V.V., Selivanova E.N., Katalinič B. Development of A Digital Transformation Model for Industrial Cyber-Physical Systems // AIP Conference Proceedings. 16. Proceedings of the 16th International Conference on Industrial Manufacturing and Metallurgy, ICIMM 2021. 2022. P. 030032.