

УДК 004.9

DOI: 10.37468/2307-1400-2022-1-123-130

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМАРТ-СТРУКТУР

*Шевнина Юлия Сергеевна*¹

¹ Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»,
Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Дана подробная характеристика особенностей автоматизированного мониторинга с использованием смарт-структур. Представлена автоматизированная система на основе смарт-структуры, состоящей из модулей сбора данных с различных датчиков, анализа и обработки полученных данных, предоставления информации о состоянии производственной среды и рекомендаций по оптимальному режиму работы оборудования и управляющему воздействию.

Ключевые слова: автоматизированное производство, мониторинг, системы, смарт-структуры, производственная среда предприятия.

FEATURES OF AUTOMATED MONITORING OF THE PRODUCTION ENVIRONMENT USING SMART STRUCTURES

*Shevnina Y. S.*¹

¹ National Research University "Moscow Institute of Electronic Technology", Moscow, Russia

ABSTRACT

A detailed description of the features of automated monitoring using smart systems is given. An automated system based on a smart structure is presented, consisting of modules for collecting data from various sensors, analyzing and processing the received data, providing information about the state of the production environment and recommendations on the optimal mode of operation of equipment and control action

Keywords: automated production, monitoring, systems, smart structures, production environment of the enterprise.

В ходе автоматизированного производства необходимо осуществлять контроль, исследовать и осуществлять мероприятия для поддержания возможных значений, характеристик, находящихся вокруг среды производственного здания с целью сбережения удобства и результативной трудоспособности персонала. На сегодняшний

день на производстве аналогичные работы реализовывает работник, отвечающий за безопасность. Он собирает сведения по каждому показателю и о состоянии каждого производственного помещения. На основании этих данных утверждается план по ликвидации образовавшихся проблем. Этот аспект обладает невысокой результативно-

стью из-за ручного сбора сведений, а также об отсутствии совокупности данных многих параметров. В соответствии с этими данными, вопрос своевременного прогноза и рассмотрения характеристик, находящихся вокруг сферы производственного здания, считается важным.

Причинами возникновения проблемной ситуации являются:

- влияния различных производственных и человеческих факторов на изменение параметров окружающей среды;
- отсутствие оперативных поддерживающих нормированные значения параметров окружающей среды мероприятий.

Для решения обозначенной проблемы предлагается автоматизировать процесс мониторинга параметров окружающей среды производственного помещения. При этом используются обработка значений параметров от многочисленных датчиков, в результате которого предлагается решение по их улучшению.

Для решения сформулированной проблемы на рынке промышленной автоматизации представлены системы Actidata, СимПОС, AlertBox Enterprise.

Actidata – продукт одноимённой компании. В основном рассчитан на крупные организации и государственные структуры. Имеет различные конфигурации оборудования, а также собственное ПО «SNMPGuard». Максимальная комплектация предоставляет следующий набор функций: мониторинг параметров температуры, влажности, задымлённости, напряжения, а также протечек воды с помощью Web-интерфейса; контроль перемещения и открытия дверей с помощью соответствующих датчиков; оповещение о критических значениях посредством SMS или электронного письма; экспорт данных в СУБД MS SQL; визуализация положения подключенных устройств; удалённое управление с помощью Web-интерфейса. Недостатками Actidata являются: высокая стоимость комплектующих; отсутствие модульности; громоздкость оборудования; отсутствие возможности выгрузки и обновления БД; отсутствие вшитого программного модуля формирования отчёта.

СимПОС – аппаратно-программный комплекс компании ЦИЭКС. Предназначен для контроля содержания вредных примесей в атмосфере, уровня радиационного излучения, погодных данных и контроля уровня вод в водоёмах. К достоинствам можно отнести: модульность конструкции; относительно низкую стоимость; широкий спектр контролируемых параметров; простой и красивый интерфейс; возможность сопряжения существующих систем мониторинга. Недостатками являются: невозможность удалённого управления отдельными блоками; отсутствие экспорта данных в любую БД; невозможность формирования отчёта по пришедшим данным; отсутствие возможности выгрузки и обновления БД.

AlertBox Enterprise – разработка компании UNIMON. Предназначена для контроля до 25 различных датчиков, но базово поставляется с датчиком температуры, влажности и сети 220В. Используется, в основном, в медицинских учреждениях. Достоинствами данной системы являются: большие возможности расширения базовой комплектации; контроль и управление оборудованием с помощью сети или смартфона; срок хранения данных телеметрии до 5 лет. К недостаткам следует отнести: высокую стоимость базовой комплектации; громоздкость конструкции; отсутствие экспорта данных в любую БД; отсутствие API для получения данных с облака.

Исходя из результатов проведенного аналитического обзора существующих решений, можно с уверенностью сказать, что AlertBox Enterprise лучше всего подходит для российского рынка готовых решений по автоматизации мониторинга параметров окружающей среды. Но даже имея на предприятии один или несколько различных программно-аппаратных решений AlertBox Enterprise, организации необходимы доработки отдельных элементов системы для улучшения работы. Подобные задачи являются индивидуальными для каждого предприятия и могут включать в себя изменение различных частей архитектуры, начиная с визуального оформления, заканчивая полной переработкой существующей архитектуры и создания собственного программно-

аппаратного решения. Кроме этого, важным и существенным недостатком всех рассмотренных систем является общая оценка параметров производственной среды (с учетом зависимостей между параметрами, например, температуры и влажности), прогноза и рекомендаций по изменению состояния среды. Одним из способов устранения данных недостатков является разработка автоматизированной системы, позволяющей производить мониторинг параметров производственной среды в режиме реального времени как по отдельности, так и в совокупности. При этом разрабатываемая автоматизированная система должна определять характеристики среды, формировать закономерности и классификаторы состояний производственной среды, оценивать состояния среды и получать рекомендаций по управляющему воздействию и оптимальному режиму эксплуатации производственного оборудования, основываясь на нормах документа СанПиН. Автоматизированная система должна иметь возможность интеграции с рассмотренными программными продуктами.

Для решения обозначенных выше задач предлагается использовать технологии Индустрии 4.0. В частности, так называемые смарт-структуры, представляющие собой программно-аппаратные комплексы, состоящие из множества различных датчиков, сенсоров и устройств, данные из кото-

рых обрабатывают с помощью методов машинного обучения и искусственного интеллекта.

В основе разрабатываемой автоматизированной системы лежит смарт-структура, состоящей из модулей сбора данных с различных датчиков, анализа и обработки полученных данных, предоставления информации о состоянии производственной среды и рекомендаций по оптимальному режиму работы оборудования и управляющему воздействию (рис. 1).

Составление рекомендаций по оптимальному режиму работы оборудования и управляющему воздействию основано на оценке состояния окружающей среды. Для повышения точности оценки состояния важно учесть все характеристики производственной среды, а также их совокупность.

Состояние производственной среды в каждый момент времени определяется значениями его характеристик [1].

$$E_S = \langle (a_{1i}, v_{1i}), \dots, (a_{ni}, v_{ni}) \rangle \quad (1)$$

где (a_{ij}, v_{ij}) – упорядоченная пара характеристики и ее значения.

Для анализа и обработки данных о параметрах производственной среды, полученных с различных датчиков и устройств, используются методы машинного обучения, в частности, логический анализ данных [2, 3]. Использование этого метода

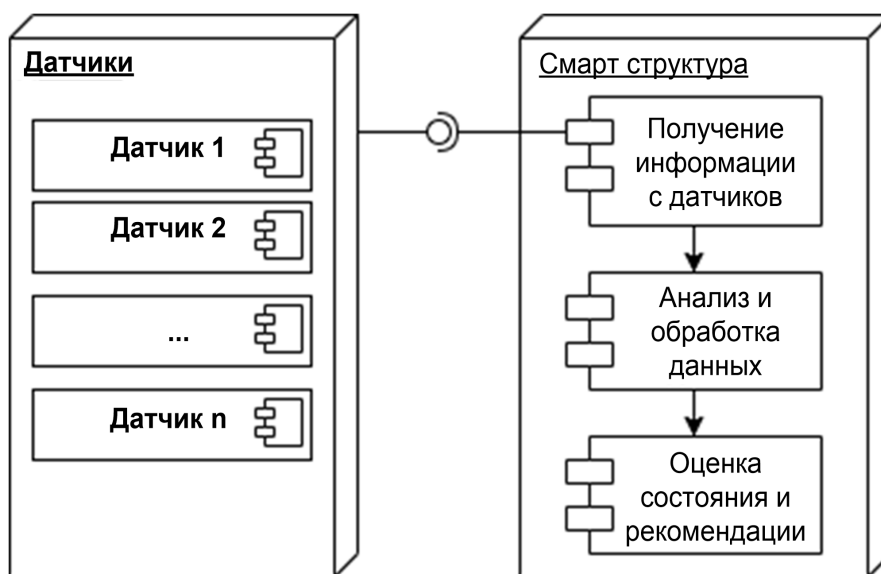


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированной системы мониторинга параметров производственной среды

в предлагаемой smart структуре позволяет получить закономерности и классификаторы, учитывающие все характеристики процесса, внешнее и управляющее воздействия и их совокупность. Все это позволяет повысить точность оценки состояния и прогноза об его изменении и точность рекомендаций об оптимальном режиме работы оборудования и необходимых управляющих воздействиях.

Определение закономерностей и формирование классификаторов состояния среды основано на последовательном анализе характеристик и внешних воздействий и их совокупностей на соответствие выбранному признаку [4]. В закономерность попадают те характеристики, которые полностью покрывают классификационный признак. Из закономерностей формируются классификаторы состояний. Как правило, состояние процесса характеризуется неполными и неточными данными. В таких случаях для построения классификаторов следует использовать закономерности с частичным покрытием классификационного признака. При этом следует заранее определить ограничения и погрешности на покрытие признака.

С учетом ограничений, погрешностей и параметров оптимизационной модели получим закономерности с небольшой степенью и максимальным покрытием. Редукция построенного классификатора состояний производственной среды производится на основе рекуррентной конъюнкции закономерностей с учетом ограничений и погрешностей покрытий классификационного признака. Закономерности, которые не соответствуют ограничениям и погрешности покрытий, удаляются из классификатора [5]. Закономерности, для которых количество наблюдений, противоположных признаку состояния ниже, чем у оставшихся в классификаторе, также удаляются. Таким образом, редукция классификатора заключается в:

1) определение значения количества наблюдений, противоположных классификационному признаку состояния, для каждой закономерности в исходном классификаторе;

2) сортировка закономерностей в порядке убывания значения количества противоположных наблюдений для каждого класса;

3) удаление закономерностей из классификатора с учетом погрешности и формирование из оставшихся новых классификаторов;

4) проверка оптимальности классификатора. Увеличение количества непокрытых наблюдений множества данных свидетельствует о недостаточности закономерностей в классификаторе.

Высокая точность классификации состояний производственной среды при редукции путем рекуррентной конъюнкции закономерностей обусловлена уменьшением среднего значения показателя наблюдений с низким покрытием классификационного признака и увеличением среднего значения показателя наблюдений с высоким покрытием признака для набора закономерностей каждого класса. Повышение интерпретируемости классификатора состояний происходит за счет редукции, критерием остановки которой является увеличение количества непокрытых наблюдений множества данных [6].

Для повышения точности оценки состояния производственной среды предлагается для каждой закономерности из полученных классификаторов определять весовой коэффициент:

$$a_i = \frac{N_i}{M}, \quad (2)$$

N_i – число совпадений выделенной закономерности в классификаторах,

M – общее число классификаторов.

Весовой коэффициент принимает значение от 0 до 1. 1 – наиболее значимая закономерность при оценке состояния среды, 0 – закономерность не имеет значение для определения состояния производственной среды.

После определения весовых коэффициентов для каждой закономерности строится граф связности $D = (V, E)$ для классификаторов состояний, в котором вершинами V будут являться закономерности, а ребрами $E = (u, v) : u, v \in V$ – связи между ними, вес ребра – равен значению весовому коэффициенту закономерности. Далее строится аналогичный

по структуре граф связности $D' = (V, E)$ критериев оценки состояния производственной среды. В качестве критериев оценки состояния выступают нормативные и критические значения исследуемых характеристик и параметров, описанные в СанПиН. С учетом положений нечеткой логики происходит сравнение вершин двух графов.

$$V \subset V' \Leftrightarrow \forall v \in V: \mu_V(v) \leq \mu_{V'}(v) \quad (3)$$

$$l(V \subset V') = \min_{v \in T} \mu_{V'}(v) : T = \\ = \{v \in V; \mu_V(v) \leq \mu_{V'}(v); \mu_V(v) > 0\} \quad (4)$$

В случае положительного сравнения закономерности и соответствующего ему критерия происходит маркирование узла графа классификаторов состояний. Далее рассчитывается путь между маркированными узлами, который используется при расчете оценки состояния среды. Если $e_{i,j}$ – ребро, соединяющее две вершины i и j и весовая функция $f: E \rightarrow \mathbb{R}$, тогда путь между маркированными узлами рассчитывается как

$$G = \sum_{i=1}^{n-1} f(e_i, e_{i+1}). \quad (5)$$

Особенность метода заключается в поочередном сравнении закономерностей характеристик производственной среды и их совокупностей и соответствующих им критериев оценки состояния, что позволяет уменьшить нечеткость сравниваемых множеств [7].

Значение оценки состояния среды находится в диапазоне от 0 до 1. Данный диапазон может быть разделен на конечное число диапазонов, каждому из которых ставится в соответствие набор рекомендаций по управляющему воздействию и оптимальному режиму эксплуатации оборудования.

Таким образом, предлагаемый способ автоматизации процесса мониторинга параметров производственной среды заключается в определении характеристик среды, формировании закономерностей и классификаторов состояний производственной среды, оценки состояния среды и получения рекомендаций по управляющему воздействию и оптимальному режиму эксплуатации производственного оборудования.

Подходы к практической реализации автоматизированной системы мониторинга параметров производственной среды

При отсутствии возможности оценивания параметров производственной среды в совокупности, на предприятии используется несколько готовых программно-аппаратных решений, причём не каждое из них предоставляет возможность удалённого мониторинга всех нужных параметров и формирования отчёта, что крайне неудобно и производственному предприятию необходимо делать статистический анализ исходя из данных, полученных при тревожном оповещении и периодических замеров показателей с дисплея ответственным сотрудником. Данное решение имеет очень высокую погрешность средних значений и не подходит для получения комплексной оценки состояния производственной среды (рис. 2).

В результате исследования автоматизируемого процесса и нормативных документов СанПиН, выявлены основные функциональные требования к программно-аппаратному комплексу. Программно-аппаратный комплекс должен:

- определять характеристики среды по показаниям датчиков в режиме реального времени;
- формировать закономерности и классификаторы состояний производственной среды;
- оценивать состояния среды и получать рекомендации по управляющему воздействию и оптимальному режиму эксплуатации производственного оборудования, основываясь на нормах документа СанПиН;
- проверять доступность файла базы данных и предоставлять возможность выбора, при его отсутствии;
- предоставлять возможность выбора устройства мониторинга для считывания.
- иметь как текстовый, так и графический режим представления информации.
- иметь возможность масштабирования для просмотра более ранних значений приходящих данных.

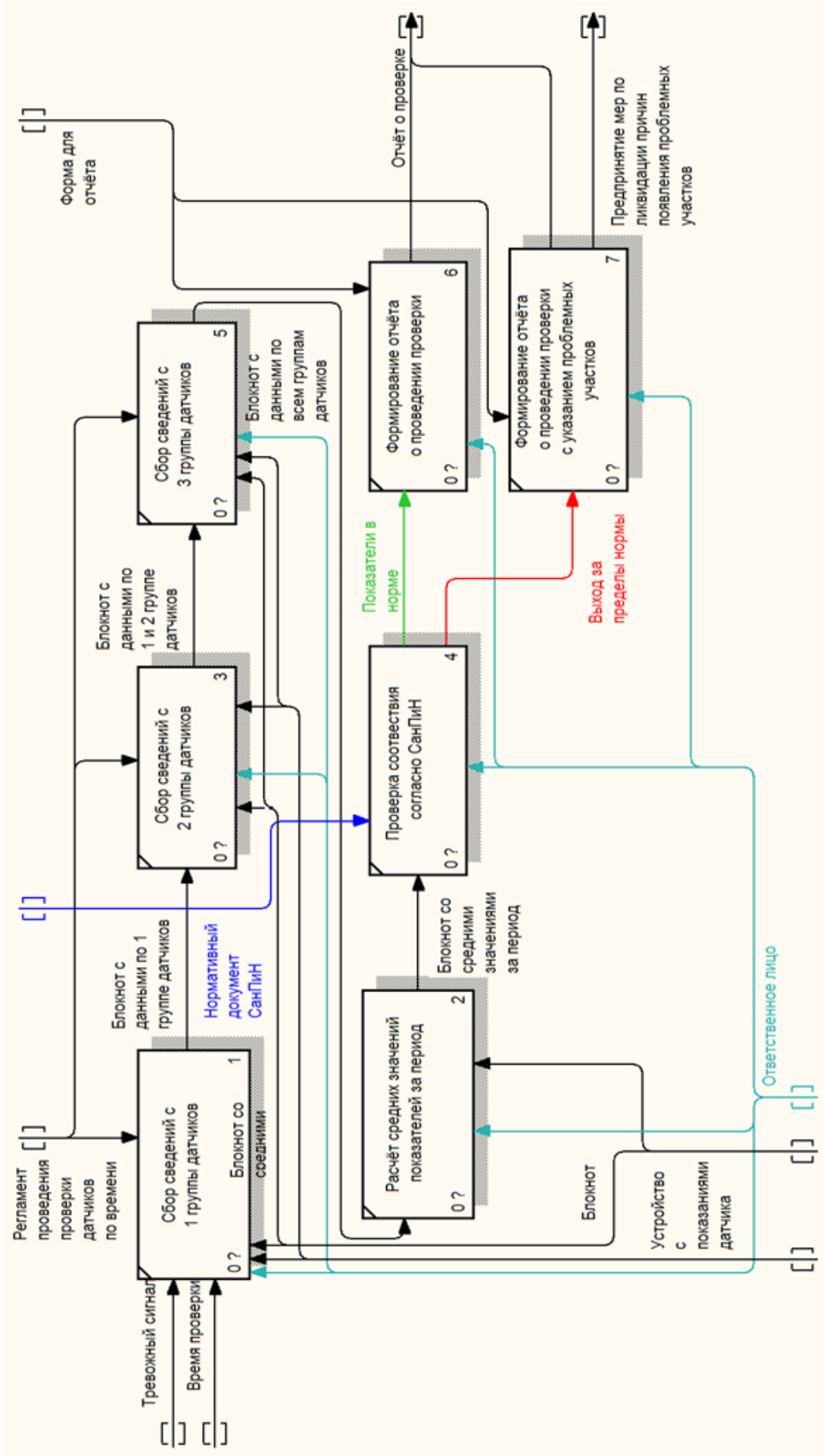


Рисунок 2 – Модель процесса оценки состояния производственной среды до автоматизации

- принимать, обрабатывать, сохранять в базе данных и выводить данные на экран в реальном времени.
- иметь возможность формировать отчёт по всем средним показателям за заданный период в формате Word-документа.
- иметь возможность сохранения и обновления базы данных в облаке и самой программе.
- уметь прерывать основные операции при утрате соединения с сервером и сохранять стабильность работы.
- иметь возможность ручной остановки/возобновления получения данных.

В процессе проектирования автоматизированной системы мониторинга параметров производственной среды построена модель процесса «после автоматизации» с использованием методологии структурного моделирования DFD.

В качестве примера смарт-структура реализована с использованием концепции Model-View-Controller (MVC). И может быть легко интегрирована в автоматизированную систему, в основе архитектурного решения которой лежит данная концепция. Основным языком программирования являлся язык PHP, также были использованы библиотеки jQuery, vue.js.

Все программные элементы смарт-структуры разбиты по пакетам в соответствии с концепцией MVC с аналогичными названиями.

Пакет Controllers содержит два модуля dataAnalyses и recomendation. В первом содержатся классы-контроллеры для интеллектуального анализа и обработки информации, во втором – для формирования рекомендаций по оптимальному режиму работы оборудования и формирование управляющих воздействий. Класс ApplicationController обрабатывает действие пользователя в системе, при этом использует модель и представление для реализации необходимой реакции на действие пользователя. На этом же уровне происходит фильтрация полученных данных и авторизация – проверяются права пользователя на выполнение действий или получение информации.

Пакет Models содержит классы-модели, которые содержат методы для работы с таблицами базы данных. Классы-модели реагируют на запросы контроллера, возвращают данные и изменяют свое состояние.

Пакет Views содержит формы для реализации графического пользовательского интерфейса.

Таким образом, рассмотренная автоматизированная система на базе Smart-структуры позволила улучшить условия труда, осуществить процесс мониторинга, анализа и оценки параметров атмосферы в помещениях. Благодаря автоматизированной оценке ситуации удалось сократить затраты на составление отчетов и статистическую оценку значений параметров промышленной среды на 79%. В результате прогнозирования изменений в среде и рекомендаций по усовершенствованию состояния на 64% сократилось число случаев, когда показатели среды производства выходили за пределы норм СанПиНа.

В ходе процесса создания закономерностей, классификаторов оценки рабочей среды принимаются во внимание все возможные характеристики, их совокупность и связь их между собой.

Список литературы

1. Shevnina, Ju.S., Gagarina, L.G., Chirkow, A.V. On the Issue of Modeling Complex Nonlinear Systems // AIP Conference Proceeding: Materials Science and Engineering. – V. 920. CAMSTech-II 2021. – P. 323–328.
2. Ян Лекун. Как учится машина. Революция в области нейронных сетей и глубокого обучения. [Библиотека Сбера: Искусственный интеллект]. – М.: Альпина нон-фикшн, 2021. – ISBN 978-5-907394-29-2.
3. Шевнина Ю.С. Метод декомпозиции сложной нелинейной системы на основе процессного подхода // Системы управления и информационные технологии. – 2021. – № 3(85). – С. 24-29. – DOI 10.36622/VSTU.2021.85.3.005. – EDN JMTOUR.
4. Шевнина Ю.С. Иерархическая модель нелинейной динамической системы // Современная

наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2021. – № 8. – С. 135–139. – DOI 10.37882/2223-2966.2021.08.40. – EDN UELLUZ.

5. Кузьмич Р.И., Масич И.С., Ступина А.А. Модели формирования закономерностей в методе логического анализа данных // Системы управления и информационные технологии. – 2017. – № 1(67). – С. 33-37. – EDN XXBRXR.

6. Furnkranz J., Gamberger D., Lavrac N. Foundations of Rule Learning. – Springer-Verlag, 2012.

7. Шевнина Ю.С., Гагарина Л.Г. Подходы к автоматизации процессов центров коллективного проектирования микроэлектроники // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2021. – № 4. – С. 12–25. – DOI 10.14357/20718632210402. – EDN KZHJZJ.

Статья поступила в редакцию 22 февраля 2022 г.

Принята к публикации 26 марта 2022 г.

Ссылка для цитирования: Шевнина Ю. С. Особенности автоматизированного мониторинга производственной среды с использованием смарт-структур // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2021. № 2(34). С. 123-130. DOI: <https://doi.org/10.37468/2307-1400-2022-1-123-130>

Сведения об авторах:

ШЕВНИНА ЮЛИЯ СЕРГЕЕВНА – кандидат технических наук, доцент, доцент института системной и программной инженерии и информационных технологий ФГА ОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», г. Москва
e-mail: yusm@rambler.ru