

УДК 004.031:681.518.5 © В.В. Лаврик^{1,2}, 2024UDC 004.031:681.518.5 © V.V. Lavrik^{1,2}, 2024¹ ПАО «Кокс», 650021, г. Кемерово, Россия¹ Public Joint Stock Company "KOKS", Kemerovo, 650021, Russian Federation² ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, Россия² Institute of Technologies, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

✉ e-mail: vova-lavrychka@yandex.ru

✉ e-mail: vova-lavrychka@yandex.ru

Цифровизация деятельности испытательных лабораторий (центров) в угольной и коксохимической отраслях промышленности

Digitalization of the activities of testing laboratories (centers) in the coal and coke chemical industries

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-11-103-107>

В статье исследована возможность автоматизации деятельности испытательных лабораторий угольных и коксохимических предприятий. В рамках трансформации угольной промышленности России, вызванной четвертой промышленной революцией «Индустрия – 4.0», сформулированы основные требования и определены основные критерии для систем автоматизации «Лаборатория 4.0» при цифровизации деятельности испытательных лабораторий. Разработан оптимальный вариант построения системы автоматизации.

Ключевые слова: «Индустрия – 4.0», «Лаборатория 4.0», цифровизация, автоматизация, испытательная лаборатория, испытательный центр, испытание продукции, аналитическая проба, кокс, уголь.

Для цитирования: Лаврик В.В. Цифровизация деятельности испытательных лабораторий (центров) в угольной и коксохимической отраслях промышленности // Уголь. 2024;(11):103-107. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-103-107.

Abstract

The article examines the possibility of automating the activities of testing laboratories of coal and coke chemical enterprises. As part of the transformation of the Russian coal industry caused by the fourth industrial revolution "Industry 4.0", the basic requirements are formulated and the main criteria for automation systems "Laboratory 4.0" are defined for the digitalization of the activities of test laboratories. The optimal variant of building an automation system has been developed.

Keywords

"Industry 4.0", "Laboratory 4.0", digitalization, automation, testing laboratory, product testing, analytical sample, coke, coal.



ЛАВРИК В.В.

Мастер ремонтно-монтажного участка II класса цеха метрологии и автоматизации ПАО «Кокс», преподаватель кафедры мехатроники и автоматизации технологических систем Института инженерных технологий ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 652420, г. Кемерово, Россия, e-mail: vova-lavrychka@yandex.ru

For citation

Lavrik V.V. Digitalization of the activities of testing laboratories (centers) in the coal and coke chemical industries. *Ugol*. 2024;(11):103-107. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-103-107.

ВВЕДЕНИЕ

Современная угольная промышленность России начала трансформироваться в рамках четвертой промышленной революции «Индустрия – 4.0». Протекающие процессы хорошо рассмотрены в статьях [1, 2, 3, 4], но стоит отметить, что в данных работах не хватает такого немаловажного звена, как цифровизация деятельности испытательных лабораторий (центров), отделов технического контроля.

При этом современная цифровая лаборатория «Лаборатория 4.0» уже может быть интегрирована в информационное поле, созданное Федеральной службой, а также с цифровым пространством, созданным Росстандартом в области обеспечения единства измерений «Метрология 4.0» на базе сервиса ФГИС «АРШИН» [6], что обеспечивает метрологическую прослеживаемость измерений, выполняемых при проведении испытаний.

Создание цифровой лаборатории, отвечающей требованиям «Лаборатории 4.0», возможно только при проведении ее комплексной автоматизации.

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Объектом автоматизации является деятельность испытательных лабораторий или центров по проведению испытаний сырья и продукции, угольных и коксохимических предприятий с целью подтверждения и контроля качества, в том числе процессы движения и обработки проб, управление испытательным оборудованием (стендами, установками и т. д.), например заводские лаборатории и отделы технического контроля.

В настоящее время испытательные лаборатории имеют низкий уровень автоматизации. Комплексная автоматизация практически не применяется, в лучшем случае автоматизация затрагивает отдельные этапы, процессы или установки, при этом часто не реализован обмен информацией между отдельными системами.

Хорошего уровня автоматизации можно достичь, если верхний уровень управления разработать в соответствии с национальным стандартом Российской Федерации [7] (Руководство по лабораторным информационным менеджмент-системам LIMS), являющимся модификацией зарубежного стандарта ASTM E 1578 [8], разработанного Американским обществом по испытаниям и материалам. При этом в стандарте не проработано взаимодействие с национальными информационными системами в области стандартизации и аккредита-

ции. Стандарт не охватывает автоматизацию технических средств испытаний (стендов, установок и т.д.).

Большая часть испытательного оборудования имеет разный уровень автоматизации, оно в большинстве случаев слабо автоматизировано и работает в автономном режиме. Редко при разработке испытательного оборудования (далее ИО) закладывается необходимость интеграции с системами автоматизации лабораторий. Хороший пример предложен автором системы автоматизации установок для определения реакционной способности CRI и прочности CSR кокса после реакции с диоксидом углерода [9], в которой сразу учтена необходимость передачи данных на более высокий уровень автоматизации. Также многие средства измерений (далее СИ), применяемые в лабораториях, не предназначены для интеграции в автоматизированные системы управления.

При этом есть хорошо проработанные системы автоматического отбора и подготовки проб (САОП) угля и кокса [10, 11].

Рассмотрим особенности отбора и движения проб в лаборатории. В соответствии с требованиями международных и национальных стандартов при отборе и доставке проб в лабораторию необходима их четкая идентификация, с помощью идентификационных наклеек и актов.

Далее для соблюдения принципов беспристрастности и обеспечения объективности полученных результатов [12] в условиях лаборатории пробы следует идентифицировать обезличенно с помощью наклеек, содержащих штрих код или QR-код.

Выделим основные этапы жизненного цикла проб в лаборатории (рис. 1): отбор и доставка (транспортирование); регистрация поступления в лабораторию и хранение; подготовка проб к проведению испытаний; проведение испытаний (анализы, измерения); утилизация проб.

Одной из основных особенностей подобных лабораторий является необходимость утилизации отходов после проведения испытаний и невостробованных инспекционных проб (например, проб угля).

Система автоматизации должна выполнять функции и решать следующие задачи:

Администрирование системы и обеспечение информационной безопасности. Распределение ролей и уровня доступа пользователей системы. Настройка персональных

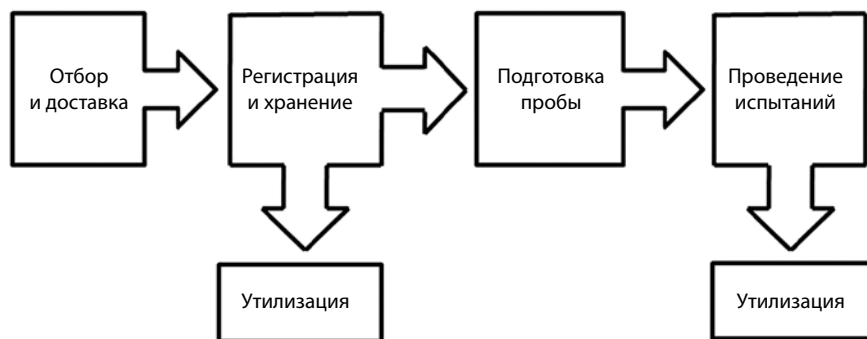


Рис. 1 Схема жизненного цикла пробы в лаборатории

Fig. 1 Diagram of the life cycle of a sample in the laboratory

идентификаторов пользователей с учетом уровня подготовки и допуска к определенным видам работ (испытаний). Авторизация, логирование действий пользователей и оперативный учет допуска сотрудников в помещения (к управлению оборудованием).

Интеграция и взаимодействие с внешними устройствами и ресурсами (коннектор). Система должна обеспечивать взаимодействие или интеграцию с другими системами, обеспечивать взаимодействие с ИО и СИ.

Организация рабочего процесса. Управление персоналом и создание заданий на проведение испытаний. Планирование и мониторинг проведения испытаний (формирование графика работ) с учетом текущей загруженности сотрудников и оборудования. Управление отбором, движением и хранением проб и любых цифровых данных о пробе (место отбора, материал проб, регистрация факта отбора проб), создание заданий на отбор проб и обработку проб. Оперативное управление оборудованием с учетом технических средств обеспечения безопасности. Управление и регистрация условий окружающей среды при проведении испытаний и оперативное информирование об изменениях заданных параметров.

Управление жизненным циклом оборудования с графиком проведения регламентных работ: техническое обслуживание (далее ТО), ремонт, проверка, калибровка, поверка, аттестация и т.д.

Архивирование и вывод отчетов. Система должна обеспечивать хранение и архивирование полученной информации, формировать отчеты, протоколы и сертификаты испытаний. обеспечивать возможность проведения анализа полученных данных.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

При создании «Лаборатории 4.0» разработчикам придется решить сложные технические задачи по комплексной автоматизации. В настоящее время отсутствуют системы комплексной автоматизации подобных лабораторий, поэтому разработчикам придется пойти по одному из двух возможных путей: провести комплексную автоматизацию с чистого листа или собирать конструктор из уже существующих систем и дописывать под нерешенные задачи соответствующие модули.

Автором предложена концепция цифровизации «Лаборатории 4.0», которая полностью соответствует требова-

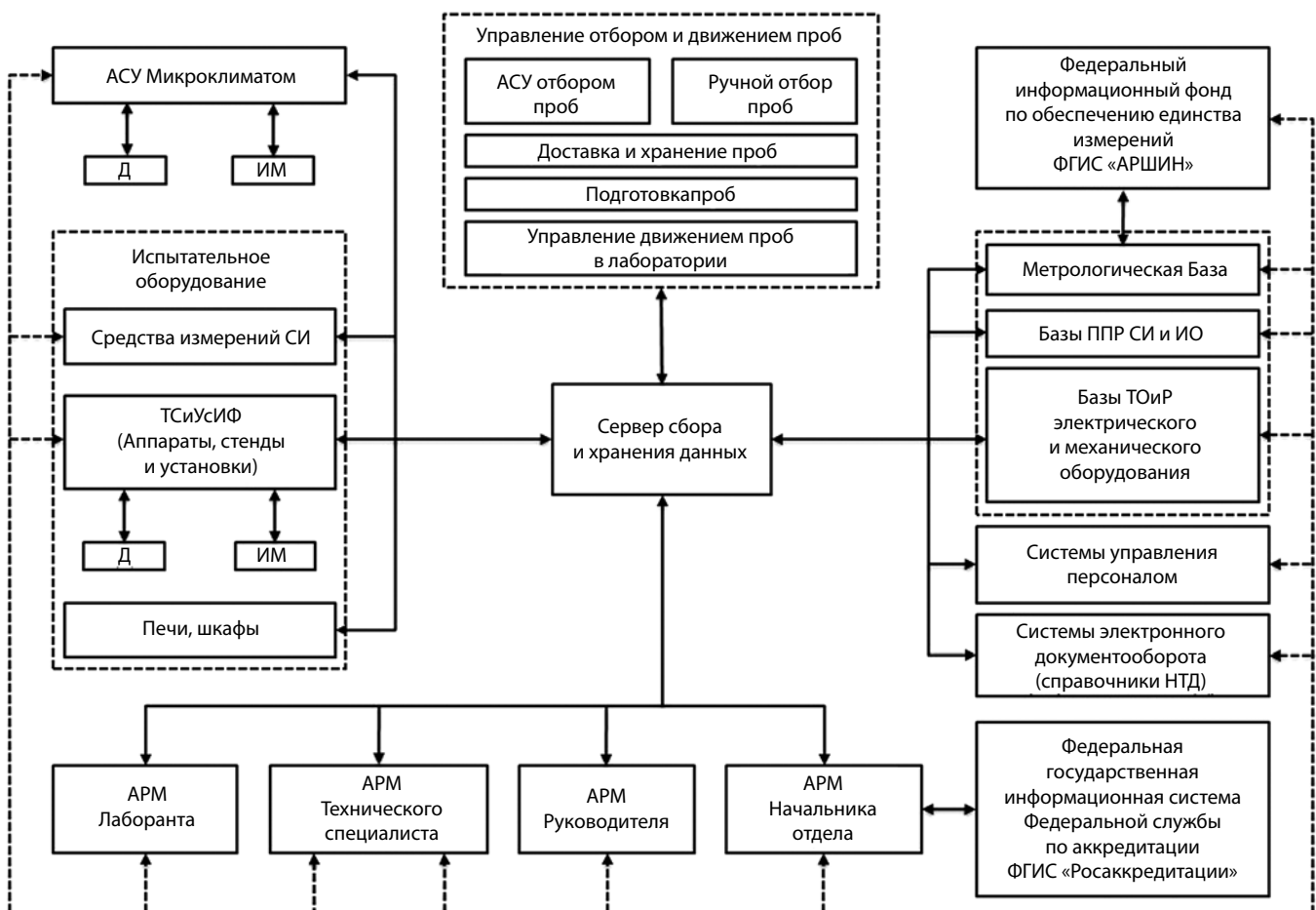


Рис. 2. Структурная схема системы автоматизации испытательной лаборатории: АСУ – автоматизированная система управления; Д – датчик; ИМ – исполнительный механизм; СИ – средство измерений; ТСиУСИФ – технические системы и устройства с измерительными функциями; АРМ – автоматизированное рабочее место; ППР – график планово-предупредительных ремонтов; ИО – испытательное оборудование; ТОиР – техническое обслуживание и ремонт; НТД – нормативно-техническая документация

Fig. 2. Block diagram of the automation system of the testing laboratory

ниям, заявленным в настоящей статье, и представлена в виде структурной схемы (рис. 2).

Предлагаемая автоматизированная система управления лабораторией (центром) (далее АСУ Л (Ц)) включает модуль мониторинга микроклимата в помещениях лабораторий или может быть интегрирована с существующей системой управления микроклиматом. Параметры микроклимата, которые требуется контролировать при проведении испытаний и при подготовке проб: температура, атмосферное давление и влажность. Для организации мониторинга достаточно во всех лабораториях разместить датчики с дистанционной передачей данных в цифровом либо аналоговом виде.

Особенность микроклимата в лабораториях, где происходят испытания углей и кокса, – это интенсивный воздухообмен, необходимый для удаления вредных веществ, образующихся в процессе проведения обработки проб. Система ориентирована на взаимодействие с СИ и ИО с целью управления и обмена информацией.

Предложенная система предусматривает организацию следующих автоматизированных рабочих мест (далее АРМ): лаборанта и инженера, выполняющих отбор проб, пробоподготовку, испытания; технического специалиста; начальника отдела (ведущего инженера, заместителя, лаборанта, ответственного за формирование протоколов, отчетов); руководителя лаборатории.

Основные функциональные возможности, реализованные на АРМ:

- инженера, проводящего отбор проб, – формировать и регистрировать протоколы (акты) отбора проб;
- лаборанта – управление ИО и СИ, внесение в систему полученных данных, формирование промежуточных протоколов;
- технического специалиста, ответственного за техническое состояние электрического (механического) оборудования, СИ, ИО. Даже если данные работы будут на аутсорсинге, то в структуре лаборатории необходимо предусмотреть наличие компетентного технического специалиста (например, заместителя начальника лаборатории по метрологии и техническим вопросам), который будет планировать и принимать работы, вносить информацию о проведении ТО, ремонте, формировать и контролировать выполнение графиков планово-предупредительных ремонтов, поверок (калибровок), технического обслуживания и ремонтов;
- начальника отдела, ответственного за проверку проведения испытаний и формирование итоговых протоколов, сертификатов за предоставление информации в Федеральную государственную информационную систему Федеральной службы по аккредитации (ФГИС «Росаккредитацию») за формирование перечней ИО и СИ для предоставления в аккредитующую организацию. Данное рабочее место позволит эффективно планировать проведение испытаний и осуществлять контроль проведения испытаний;
- руководителя, который сможет эффективно организовать управление лабораторией и обеспечит контроль проведения испытаний на всех этапах.

В системе предусмотрен модуль и/или взаимодействие с уже действующими системами управления персоналом, благодаря чему можно будет обеспечить доступ к выполнению испытаний (измерений) только подготовленному персоналу, прошедшему обучение (повышение квалификации, переподготовку). Причем можно организовать доступ к проведению испытаний по конкретным методикам испытаний либо к конкретным операциям этих методик (ГОСТам, методикам измерений и т.д.)

Для исключения случаев получения недостоверных результатов испытаний, связанных с оборудованием, СИ и для обеспечения безопасной эксплуатации оборудования в системе предусмотрен модуль ТОиР. Во многих организациях уже применяются модули ТОиР в системах автоматизации производства электрического и механического оборудования (База ППР СИ) для контроля своевременности проведения ТО, проверки, ремонта, калибровки, поверки [12]. Поэтому предложенная система позволяет организовать обмен информацией с подобными модулями. Также система обеспечивает взаимодействие с Федеральным информационным фондом по обеспечению единства измерений ФГИС «АРШИН» для оперативного и достоверного получения информации о результатах поверки СИ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время отсутствуют системы комплексной автоматизации подобных лабораторий. Современный уровень развития средств измерения и автоматизации позволяет значительно автоматизировать процессы сбора, обработки, накопления, хранения проб сырья и продукции, отображения результатов проведения испытаний и легко интегрировать полученные данные в единое информационное пространство предприятия.

Автоматизация деятельности испытательной лаборатории позволит значительно повысить эффективность ее работы, повысит достоверность получаемых результатов и исключит или минимизирует человеческий фактор, исключит случаи использования неисправных технических средств испытаний.

Цифровизация полученных данных позволит их накапливать в формате Big data и при необходимости загружать в облачные системы хранения Cloud storage. При этом появляется уникальная возможность для обработки информации с использованием искусственного интеллекта Artificial intelligence (AI) и искусственных нейронных сетей.

Список литературы • References

1. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Мировой инновационный проект “Индустрия-4.0” – возможности применения в угольной отрасли России. 1. Программа “Индустрия-4.0” – новые подходы и решения // Уголь. 2017. № 10. С. 44-51. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-10-44-51.
Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. The Industry-4.0 global innovation project's potential for the coal industry of Russia. 1. Industry-4.0 Program – new approaches and solutions. *Ugol'*. 2017;(10):44-51. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2017-10-44-51.

2. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Мировой инновационный проект "Индустрия-4.0" – возможности применения в угольной отрасли России. 2. Что "требуется" от угольной отрасли четвертая промышленная революция? // Уголь. 2017. № 11. С. 46-53. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-11-46-53.
Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. The Industry-4.0 global innovation project's potential for the coal industry of Russia. 2. What "requires" the fourth industrial revolution from the Russian coal industry? *Ugol'*. 2017;(11):46-53. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2017-11-46-53.
3. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Мировой инновационный проект "Индустрия-4.0" – возможности применения в угольной отрасли России. 3. Систематизация основных элементов проекта "Индустрия-4.0 по базовым процессам горного производства // Уголь. 2018. № 1. С. 51-57. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-1-51-57.
Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. The Industry-4.0 global innovation project's potential for the coal industry of Russia. 3. "Industry-4.0" key components alignment in accordance with basic mining processes. *Ugol'*. 2018;(1):51-57. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-1-51-57.
4. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Цифровизация экономики угольной промышленности России – от "Индустрии 4.0" до "Общества 5.0" // Горная промышленность. 2018. № 4. С. 22-30. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-4-140-22-30.
Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. Digitalization of Russian Coal Industry Economy: from 'Industry 4.0' to 'Society 5.0'. *Gornaya promyshlennost'*. 2018;(4):22-30. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2018-4-140-22-30.
5. Сысоева Е.А., Рожкова Т.А. Цифровые технологии при оценке соответствия продукции // Компетентность / Competency (Russia). 2019. № 8.
Sysoeva E.A., Rozhkova T.A. Digital technologies in the products conformity assessment. *Kompetentnost' / Competency (Russia)*. 2019;(8). (In Russ.).
6. Попов А.А. Цифровизация обеспечения метрологической прослеживаемости средств измерений и стандартных образцов через облачные технологии: современное состояние и перспективы развития // Эталон. Стандартные образцы. 2022. Т. 18. № 3. С. 57-70. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2022-18-3-57-70>.
Popov A.A. Digitalization of ensuring metrological traceability of measuring instruments and reference materials through cloud-based technologies: current state and development prospects. *Eталон. Standartnye obraztsy*. 2022;18(3):57-70. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2022-18-3-57-70>.
7. ГОСТ Р 53798-2010 Национальный стандарт Российской Федерации. Стандартное руководство по лабораторным информационным менеджмент-системам (ЛИМС). СПС Консультант Плюс. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 15.10.2024).
8. ASTM E 1578:2006 Standard guide for laboratory information management systems (LIMS).
9. Лаврик В.В. Автоматизация установок для определения реакционной способности CRI и прочности CSR кокса после реакции с диоксидом углерода // Кокс и химия. 2023. № 11. С. 36-44. DOI: 10.52351/00232815-2023-11-36.
Lavrik V.V. Automation of Systems for Determining the Coke Characteristics CSR and CRI. Koks i khimiya. 2023;(11):36-44. (In Russ.). DOI: 10.3103/s1068364x23600136.
10. ООО «Угольная инжиниринговая компания»: официальный сайт. Модульная автоматизированная система отбора и подготовки проб М-САОП. Гуково. [Электронный ресурс]. URL: http://rosuik.ru/?page_id=711 (дата обращения: 15.10.2024).
11. ООО «Угольная инжиниринговая компания»: официальный сайт. Системы автоматического отбора и подготовки проб для контроля качества угольной продукции "САОП". Гуково. [Электронный ресурс]. URL: http://rosuik.ru/?page_id=701 (дата обращения: 15.10.2024).
12. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Межгосударственный стандарт. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. СПС Консультант Плюс. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 15.10.2024).
13. ГОСТ 18322-2016 Межгосударственный стандарт. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. СПС Консультант Плюс. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 15.10.2024).

Authors Information

Lavrik V.V. – Master of the repair and installation site II class, metrological and automation workshop, Public Joint Stock Company "KOKS", Kemerovo, 650021, Russian Federation, Teacher of Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, Institute of Technologies, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: vova-lavrychka@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 18.06.2024

Поступила после рецензирования: 17.10.2024

Принята к публикации: 28.10.2024

Paper info

Received June 18, 2024

Reviewed October 17, 2024

Accepted October 28, 2024