

УДК 338.24

¹*Н.В. Унижаев, ²Ю.Н. Шедько, ¹М.Н. Власенко*

¹ Национальный исследовательский университет МЭИ (НИУ «МЭИ»), Москва,
email: UnizhayevNV@mpei.ru, vlasenkoMN@mpei.ru

² Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва,
email: ynshedko@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОРГАНИЗАЦИИ

Ключевые слова: цифровой двойник, цифровая экономика, экосистема цифровой экономики, сквозные технологии, экономическая безопасность, критическая информационная инфраструктура, модель управления рисками, масштабируемость системы управления.

В статье исследуется возможность моделирования цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации. Для получения практических результатов от внедрения цифровых двойников авторами была разработана концептуальная модель цифрового двойника, основанная на процессах экономической безопасности. Концептуальная модель цифрового двойника позволяет оценивать различные подходы к практическому использованию. Авторы доказали возможность использования систем искусственного интеллекта в модели цифровых двойников, что позволит значительно расширить возможности моделирования. Научной новизной является предложенная авторами концептуальная модель цифровых двойников и классификация решаемых данной моделью задач. Для научного анализа области применения цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организаций были выбраны актуальные источники за последние пять лет. Использование цифровых двойников позволяет находить скрытые закономерности и неизвестные корреляции необходимые для принятия вариантов защиты. Цифровые двойники в системах управления экономической безопасностью организации могут быть использованы для достижения различных целей, включая обеспечение непрерывности бизнеса и фрод-мониторинг. Подходы к моделированию цифровых двойников при управлении экономической безопасностью организации должны основываться на системном подходе, связывая между собой все элементы и подсистемы. Определение целей внедрения цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации позволяет структурировать принципы и функции, выделив главные. Модель, основанная на цифровых двойниках системы экономической безопасности, позволяет получать все данные необходимые для принятия управленческих решений.

¹*N.V. Unizhaev, ²Yu.N. Shedko, ¹M.N. Vlasenko*

¹National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow,
email: UnizhayevNV@mpei.ru, vlasenkoMN@mpei.ru

²Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,
email: ynshedko@mail.ru

MODELING DIGITAL TWINS IN ORGANIZATION ECONOMIC SECURITY MANAGEMENT SYSTEMS

Keywords: digital twin, digital economy, digital economy ecosystem, end-to-end technologies, economic security, critical information infrastructure, risk management model. scalability of the control system.

The article explores the possibility of modeling digital twins in management systems for the economic security of an organization. To obtain practical results from the implementation of digital twins, the authors developed a conceptual model of a digital twin based on economic security processes. The conceptual model of the digital twin allows for the evaluation of different approaches to practical use. The authors have proven the possibility of using artificial intelligence systems in digital twin models, which will significantly expand modeling capabilities. The scientific novelty is the conceptual model of digital twins proposed by the authors and the classification of problems solved by this model. For a scientific analysis of the scope of application of digital twins in management systems for the economic security of organizations, current sources over the past five years were selected. Using digital twins allows you to find hidden patterns and unknown correlations necessary to make security options. Digital twins in an organization's economic security management systems can be used to achieve various goals, including ensuring business continuity and fraud monitoring. Approaches to modeling digital twins when managing the economic security of an organization should be based on a systematic approach, connecting all elements and subsystems. Determining the goals of introducing digital twins in an organization's economic security management systems allows us to structure the principles and functions, highlighting the main ones. The model, based on digital twins of the economic security system, allows you to obtain all the data necessary for making management decisions.

При исследовании процессов экономической безопасности организации используются различные математические, статистические и имитационные модели. В последние годы для исследования поведенческих функций различных объектов стали использовать цифровые двойники. Процесс совершенствования безопасности организации не должен отставать от общего тренда.

Цифровой двойник (*digital twin*) – это цифровая модель предполагаемого или фактического реального физического продукта, системы или процесса, которая является его цифровым аналогом для практических целей, таких как моделирование, интеграция, тестирование, мониторинг, и обслуживание [1].

Аналогичную модель можно создать для всех процессов, обеспечивающих экономическую безопасность организации. Цифровой двойник процессов экономической безопасности – это цифровая модель процессов или системы экономической безопасности, которая обладает основными характеристиками необходимыми для анализа и совершенствования системы экономической безопасности.

При обеспечении экономической безопасности цифровой двойник нужен, чтобы моделировать процессы защиты в различных информационных средах, включая и интеллектуальные. Использование цифрового двойника должно позволять получение данных аналогичных реальным событиям, проходящим в тех же условиях. Это помогает, минимизировать издержки, экономить время.

Цифровой двойник процессов экономической безопасности может представлять:

- прототип;
- экземпляр;
- агрегированный двойник.

Прототип представляет собой виртуальный аналог реального объекта экономической безопасности, который содержит все его данные. Экземпляр содержит данные обо всех характеристиках и эксплуатации объекта экономической безопасности, включая трехмерную модель, и действует параллельно с оригиналом. Агрегированный двойник является вычислительной системой из цифровых двойников и объектов экономической безопасности, которыми можно управ-

лять из единого центра и обмениваться данными внутри.

Все руководители организаций использующие цифровые двойники для совершенствования системы управления поняли огромные преимущества. Сегодня цифровые двойники используются в различных отраслях, например в строительстве, обрабатывающей промышленности, энергетике, транспорте, здравоохранении. По типу цифровых двойников чаще всего используются двойники сложных технических объектов и двойники отдельных компонентов автоматизированных систем. Эффект от такого использования превосходит все даже самые смелые ожидания.

При анализе в качестве методологических подходов, направленных на внедрение цифровых двойников, были проанализированы работы Денисова Н.А. [3, с. 34-38], Кириллов Д.С., Барчукова Т.А. [4, с. 161-163], Курносенко А.Е. [5, с. 297-301], Михеева Е.О. [6, с. 250-253], Окен К.А. [7, с. 20-26], Сазонов А.А. [8, с. 132-139]. Анализ источников показал, что единых подходов к внедрению цифровых двойников нет. Предложения, основанные на анализе обоснованы и подтверждены выявленными в ходе исследования примерами, способствующими процессу внедрения цифровых двойников.

Область применения результатов. Полученные результаты не противоречат существующим нормативным документам и стандартам, регламентирующим функционирование систем управления организацией, включая критическую информационную инфраструктуру.

Научная новизна. Предложена концептуальная модель цифровых двойников и классификация решаемых в данной модели задач. Разработана модель цифрового двойника для проектирования систем управления экономической безопасностью.

Изменение информационных технологий в сфере безопасности потребовало поиска новых способов оценки эффективности. Как показало проведенное исследование, авторы: Воробьев А.В., Пилипенко В.А. [20, с. 60-71], Кириллов Д.С., Барчукова Т.А. [4, с. 161-163], Михеева Е.О. [6, с. 250-253], Окен К.А. [7, с. 20-26], Сазонов А.А. [8, с. 132-139],

Тельнов Ю.Ф. [9, с. 63-65], предлагают использовать новые научные методы для формирования принципов и требований к цифровой трансформации организаций. Практика использования цифровых двойников в различных сферах показала значительные преимущества. Это только начало пути к изменению системы экономической безопасности. Широкое внедрение цифровых двойников, возможно, позволят переместить весь процесс на новый уровень.

Цель исследования

Цель исследования – анализ области применения цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организаций с различными формами собственности, их классификаций и разработка концептуальной модели взаимодействия цифровых двойников с их физическими сущностями.

Достижение вышеуказанной цели позволяет:

- определить содержание и структуру цифровых двойников [10-12] приемлемых для использования в различных системах управления;
- рационально использовать накопленный опыт внедрения цифровых двойников;
- определить новые принципы и требования к системе экономической безопасности организаций, использующих современные информационные технологии;
- определить направления дальнейшего совершенствования систем безопасности.

Результаты исследования и их обсуждение

Для получения результатов от внедрения цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации была разработана концептуальная модель цифрового двойника.

Концептуальная модель цифрового двойника процессов экономической безопасности

Рассмотрим структурную схему концептуальной модели цифрового двойника процессов экономической безопасности. Цифровой двойник процессов эко-

номической безопасности представляет собой отдельно созданное приложение, взаимодействующее с информационной системой управления организацией. Информационная система управления организацией обеспечивает функциональный набор выполняемых задач:

$$f(A_o, P_o, C_o, Ц_o) \rightarrow P_o \quad (1)$$

где A_o – алгоритмы, реализующие функции управления;

P_o – параметры, характеризующие состояние объекта управления;

C_o – система ограничений;

$Ц_o$ – цели управления;

P_o – результат управления.

Внедрение цифровых двойников предполагает, что системы управления организацией будут использовать технологии SCADA-систем (*Supervisory Control And Data Acquisition*) [2, 13-15, 21]. Технологии SCADA представляет современный инструментарий и набор компонентов для моделирования управления. Управление в SCADA обеспечивается через выполнение заданий алгоритмов обработки данных, формирование различных команд на механизмы, обеспечивающие безопасность, формирование сигналов об опасностях, ориентированной на пользовательские настройки баз данных и событий, связанных с безопасностью. В технологии SCADA для разработки пользовательского интерфейса имеется библиотека готовых тематических объектов по отображению оперативной и архивной информации, что позволяет решать задачи автоматизации распределенных и локальных объектов. Задачи, которые выполняют цифровые двойники, обычно в SCADA-системах не предусматриваются, но и не исключаются совсем. В такой парадигме модель цифрового двойника в системах управления экономической безопасностью организации представлена в следующем виде:

$$f(AM, CO, K_s) \rightarrow \langle P_s, P_s, C_s \rangle \quad (2)$$

где AM – алгоритмы и модели цифрового двойника;

CO – система ограничений;

K_s – критерии эффективности системы управления;

P_3 – показатели эффективности системы управления;

P_3 – результат моделирования управляющего воздействия по ситуации C_3 .

Модель цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации позволяет проводить мониторинг работы в автоматизированных системах путем контроля реакций системы на изменения контролируемых параметров как в обычных режимах работы, так и в критических ситуациях. Кроме того, модель цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации позволяет определять параметры эффективности работы системы управления физической моделью на этапах ее проектирования, эксплуатации и модернизации. Исходные параметры модели (2) могут быть заданы и в автономном режиме. Это может быть использовано при обучении персонала и при исследовании критических режимов работы физических систем.

Модель цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации может включать систему искусственного интеллекта. Это расширяет круг задач с использованием цифрового двойника, но выходит за рамки данной статьи. Применение методов машинного обучения позволяет решать задачи, связанные с классификацией критических ситуаций и обоснования необходимых управляющих действий по ним. При этом формирование модели базы знаний может осуществляться на основе результатов моделирования этих ситуаций на цифровых двойниках.

Цифровые двойники способны также раскрывать информацию, скрытые закономерности и неизвестные корреляции необходимые для принятия решений о методах защиты [16, 17].

При создании модели цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации можно использовать различные подходы. Существует несколько методологических подходов к определению элементов системы экономической безопасности. Один из подходов основан на включении в систему экономической безопасности подсистем, влияющих на безопасность организации:

- информационная безопасность;
- кадровая безопасность;

– информационно-аналитическая деятельность;

– инженерно-техническое обеспечение.

Все подходы имеет достоинства и недостатки, но в целом позволяют использование при внедрении цифровых двойников. Достоинством является простота и иерархия, соответствующая штату организации. Недостатком является сложность в определении границ различных подсистем, которые часто имеют области объединения и пересечения. Следовательно, при использовании таких подходов цифровые двойники должны обладать свойствами, позволяющими принимать решения в условиях неопределённости.

Подход к определению элементов системы экономической безопасности, который не использует структуру организации также имеет достоинства и недостатки. Идея его заключается в использовании процедур анализа угроз, влияющих на экономическую безопасность. Анализ угроз в такой постановке позволяет рассчитать допустимые уровни рисков. Использование подхода в цифровых двойниках позволяет выявить стратегию и основные способы защиты. Однако, угрозы, влияющие на экономическую безопасность, чаще всего выявляются по нечетко классифицированным группам. Например, конкуренты, контрагенты, внутренний персонал, контролирующие органы. Широкое использование в экономической безопасности, получил подход, основанный на принципе классификации угроз [18] по различным активам бизнеса, ранжированным по их ценности. Такой подход к выявлению элементов экономической безопасности является перспективным, а полученные результаты понятны руководителю и сотрудникам экономической безопасности. Микширование различных подходов позволяет получить еще много новых подходов, например основанных на сочетании второго и третьего или первого и второго подходов. Графический пример различных подходов показан на рис.1. Практический пример можно рассмотреть на анализе угроз экономической деятельности хозяйствующего субъекта в отношении наиболее важных активов организации. В такой постановке в качестве ограничений может быть принято условие критической информационной инфраструктуры или другие ограничения.

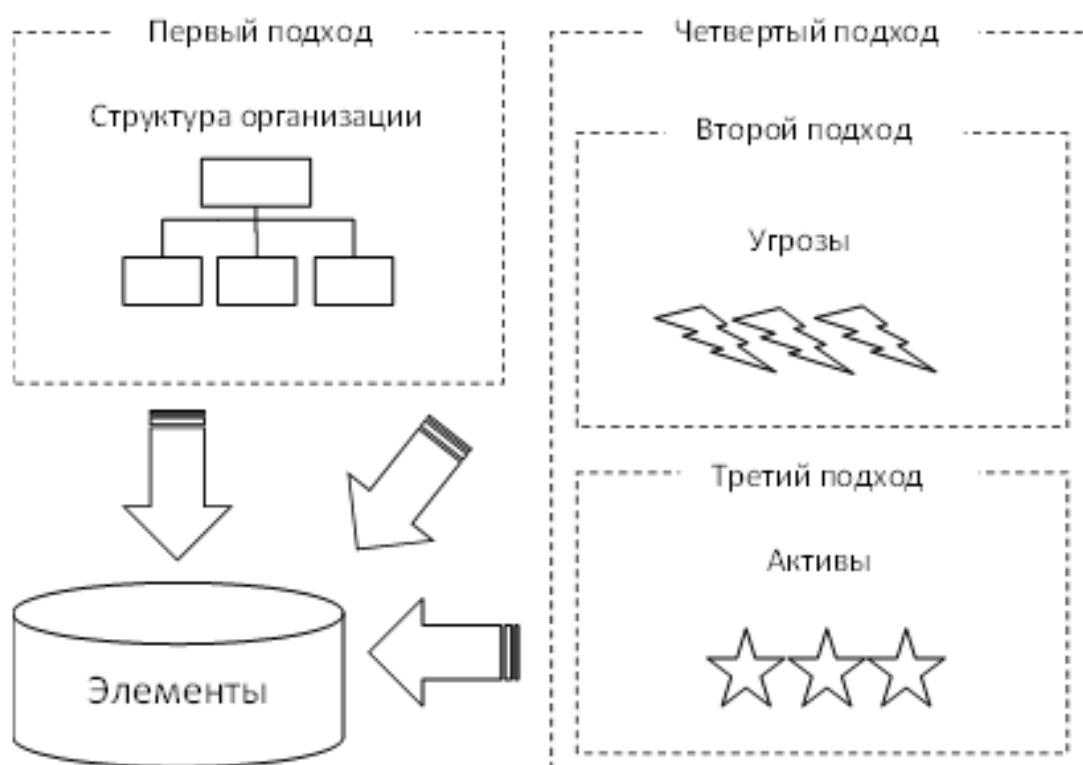


Рис. 1. Подходы к определению элементов системы экономической безопасности, используемой в цифровых двойниках

Источник: выполнено авторами по материалам [15].

Подходы к моделированию цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации могут быть и другими, например нацеленными на использование нейросетей и систем искусственного интеллекта. Это более сложная задача, и как было написано ранее, выходящая за рамки данной статьи.

При моделировании цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации в отдельную категорию или подсистему следует выделить обеспечения непрерывности бизнеса. Такая подсистема защищает организацию от перебоев и нестабильной работы. Основной целью цифрового двойника подсистемы обеспечения непрерывности бизнеса является снижение вероятности сбоев в основном производстве и способствование в восстановлении работоспособности после нарушения производственной деятельности. Для достижения цели принято решать следующие задачи:

- непрерывный мониторинг существующих и возможных угроз основному бизнесу [19];

- устранение последствий, связанных с нарушением основного бизнеса;

- упреждение последствий воздействия инцидентов, влияющих на бизнес;

- повышение эффективности основных функций, используемых в кризисные и сложные периоды;

- уменьшение периодов простоев во время производственных инцидентов [18];

- сокращения периода восстановления.

Возможно в отдельную категорию следует выделить и цифровых двойников, связанных с фрод-мониторингом. Мошенничество совершенствуется и переходит в новое качество, так же, как и защита использующее цифровые технологии. Изменение методов социальной инженерии отчетливо видно и не требует доказательств.



Рис. 2. Связь цифрового двойника с реальными системами

Источник: выполнено авторами.

Подходы к моделированию цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации должны основываться на системном подходе, поэтому эмерджентность и другие свойства должны присутствовать в цифровом двойнике.

Системный подход – это направление методологии исследования, основная задача которого состоит в разработке методов исследования и конструирования сложноорганизованных объектов – систем разных типов и классов. Системный подход является определенным этапом в развитии методов познания, методов исследовательской и созидательной деятельности, способов описания и объяснения природы анализируемых или искусственно создаваемых объектов. В его основе лежит рассмотрение объекта как целостного множества элементов в совокупности отношений и связей между ними, т.е. рассмотрение объекта как системы» [12].

Применительно к экономической безопасности, развернутое определение системного подхода включает также обязательность изучения и практического использования следующих характеристик:

- способность к выявлению элементов системы безопасности;
- возможность поиска различных связей и зависимостей между элементами, влияющими на безопасность [13];
- выделение функций системы безопасности;
- определение четко сформулированных целей и подцелей системы безопасности;
- перечень необходимых ресурсов, требующихся для функционирования системы экономической безопасности;
- выявление свойств, влияющих на целостность системы безопасности [10];
- механизм поиска внешних связей системы экономической безопасности с окружающей средой;
- возможность анализа ретроспективы и перспективы системы безопасности.

Сложной технической задачей является не только создание цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации, но и организация взаимосвязи с реальным объектом. На рисунке 2 представлена связь цифрового двойника системы контроля управления доступом (СКУД) и системы видеонаблюдения с реальными системами.

Цифровые двойники экономической безопасности организации объединяют физические объекты с данными реально используемых систем. Важно, чтобы все характеристики цифровых двойников соответствовали моделируемым объектам. Такая точность может быть достигнута при использовании специализированных информационных технологий. Благодаря точной связи цифровые двойники могут совместно планировать, разрабатывать, тестировать, развертывать и обслуживать сложные системы с помощью интерактивных и иммерсивных технологий.

Выводы

Моделирование цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью организации относится к сложным, трудноформализуемым процессам. Внедрение цифровых

двойников позволит снизить издержки, повысить эффективность системы безопасности. Концептуальная модель цифрового двойника, предложенная авторами, позволяет минимизировать ошибки внедрения цифрового двойника на ранних этапах проектирования, выбрать наиболее оптимальный способ использования, получить максимальный эффект. Анализ различных подходов к определению элементов системы экономической безопасности, используемой в цифровых двойниках, позволяет выбрать один из них или в микшировании различных методов найти наиболее подходящий.

Процесс использования цифровых двойников в системах управления экономической безопасностью находится в начале пути, первые организации внедряющие такие технологии получают конкурентные преимущества.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 N 1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/document/> (дата обращения: 03.03.2024).
2. Власенко М.Н., Унижаев Н.В., Шедько Ю.Н. Проблемы цифровой трансформации транспортных систем Российской Федерации // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 8-1. С. 118-122.
3. Денисова Н.А. Роль технологии цифрового двойника в процессах цифровой трансформации таможенного администрирования // Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. 2021. № 3 (79). С. 34-38.
4. Кириллов Д.С., Барчукова Т.А. Цифровые двойники как основа цифровой трансформации промышленных предприятий // Актуальные вопросы экономики и управления. М.: АСТ, 2021. С. 161-163.
5. Курносенко А.Е. Цифровые двойники и цифровое производство // В сборнике: Устойчивое развитие и новая индустриализация: наука, экономика, образование. Материалы конференции. М., 2021. С. 297-301.
6. Михеева Е.О. Применение концепции цифровых двойников в дистанционном обучении: цифровая трансформация компьютерных лабораторий ВУЗА // В сборнике: Цифровое будущее: социальные и экономические проблемы, вызовы и возможности. Сборник статей Круглого стола. М., 2024. С. 250-253.
7. Окен К.А. Эффективность цифрового проектирования (технология «Цифровой двойник») // Валютное регулирование. Валютный контроль. 2023. № 2. С. 20-26.
8. Сазонов А.А. Анализ системы разработки цифровых двойников на основе компонентов цифровой платформы CML-BENCH // В сборнике: Управление инновационно-инвестиционной деятельностью: к 80-летию юбилею профессора Юрия Петровича Анисимова. Сборник материалов Всероссийской юбилейной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». 2019. С. 132-139.
9. Тельнов Ю.Ф. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий. В книге: Цифровая экономика: тенденции и перспективы развития // Сборник тезисов докладов национальной научно-практической конференции: в двух томах. 2020. С. 63-65.

10. Унижаев Н.В. Использование теории игр для моделирования последствий управленческих решений экономической безопасности организации // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12. № 1. С. 149-164. DOI: 10.18334/epp.12.1.114092.
11. Унижаев Н.В. Использование цифрового рубля для обеспечения экономической безопасности гражданина, организации, государства // Экономика и предпринимательство. 2024. № 1 (162). С. 202-208.
12. Унижаев Н.В. Моделирование угроз малому и среднему бизнесу от использования параллельного импорта // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 11-3. С. 563-568.
13. Унижаев Н.В. Особенности внедрения нейросетей и систем искусственного интеллекта на предприятиях электроэнергетики // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13. № 1. С. 215-232.
14. Унижаев Н.В. Особенности моделирования угроз безопасности персональных данных для обеспечения достаточного уровня защищенности // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12. № 1. DOI: 10.18334/vinec.12.1.114335.
15. Унижаев Н.В. Преимущества использования искусственного интеллекта и нейросетей в правовой системе Российской Федерации // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13. № 2. С. 587-600.
16. Унижаев Н.В. Методика расчета затрат необходимых для обучения технологии блокчейн // Альманах мировой науки, АР Консалдинг. 2018. Ч. 1, № 1. 114 с.
17. Шедько Ю.Н., Власенко М.Н., Унижаев Н.В. Проблемы цифровой трансформации предприятий энергетики // Вестник Института дружбы народов Кавказа (Теория экономики и управления народным хозяйством). Экономические науки. 2021. № 2 (58). С. 73-79.
18. Шедько Ю.Н., Власенко М.Н., Унижаев Н.В. Стратегическое управление проектами на основе использования искусственного интеллекта // Экономическая безопасность. 2021. Т. 4. № 3. С. 629-642.
19. Шедько Ю.Н. Факторы и условия устойчивости развития региона: синергетика взаимодействия // Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Экономика». 2014. № 4. С. 49–55.
20. Vorobev A.V., Pilipenko V.A., Vorobeva G.R., Khristodulo O.I. Development and application of problem-oriented digital twins for magnetic observatories and variation stations // Information and Control Systems. 2021. № 2 (111). P. 60-71.
21. Yadav G., Paul K. Architecture and security of SCADA systems: A review // International Journal of Critical Infrastructure Protection. 2021. V. 34. P. 100433.