



## Безопасность автоматизированных технологий регулирования мелиоративного режима агроэкосистемы

**И. Ф. Юрченко**

*Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова  
(г. Москва, Российская Федерация)  
irina.507@mail.ru*

### **Аннотация**

*Введение.* Для организации системы безопасности автоматизированных технологий агропроизводства необходимо изучить проблему защиты средств автоматизации. Цель работы – обоснование нормативно-методических положений безопасной эксплуатации автоматизированной технологии регулирования мелиоративного режима агроэкосистемы на уровне хозяйствующего субъекта.

*Материалы и методы.* Исследование базируется на ключевых положениях информационно-аналитического подхода. В ходе работы собраны и проанализированы нормативно-методические документы, систематизирован опыт хозяйствующих субъектов в сфере информационной защиты автоматизированных технологий. Были обобщены требования законодательных актов к промышленной безопасности объектов производства.

*Результаты исследований.* Сформулированы задачи информационной и физической защиты систем автоматизированного управления мелиоративным агропроизводством. Систематизированы и охарактеризованы факторы информационной защиты: обновление программного обеспечения, управление доступом и внедрение паролей, регулирование инцидентов, контроль над сетевыми решениями, обучение персонала. Представлены требования к физической защите автоматизированных систем агропроизводства, соответствующие законодательным актам промышленной безопасности. Определена функциональная структура системы физической защиты автоматизированной системы управления технологическими процессами мелиоративного комплекса.

*Обсуждение и заключение.* Применение сформулированных в работе рекомендаций поможет сохранить интеллектуальную собственность и коммерческую тайну, обезопасить персональные данные, обеспечить защиту информационных ресурсов, решить проблему безопасности информационных систем.

**Ключевые слова:** безопасность, автоматизированные технологии, регулирование, мелиоративный режим, агроэкосистема

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

**Для цитирования:** Юрченко И. Ф. Безопасность автоматизированных технологий регулирования мелиоративного режима агроэкосистемы // Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32, № 1. С. 28–40. doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.032.202201.028-040>

© Юрченко И. Ф., 2022



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License.  
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

## Safety of Automated Technologies for Regulating the Reclamation Regime of Agroecosystem

I. F. Yurchenko

*Kostyakov All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation (Moscow, Russian Federation)*

*irina.507@mail.ru*

### Abstract

*Introduction.* To create the safety system for automated technologies of agricultural production, it is necessary to study the problem of protecting automation means. The aim of the work is to substantiate the normative and methodological provisions on safe operation of automated technology for regulating the agroecosystem reclamation regime at the level of the economic entity.

*Materials and Methods.* The study is based on the key provisions of the information-analytical approach. In the course of the work, regulatory and methodological documents have been collected and analyzed, the experience of economic entities in the field of information protection of automated technologies has been systematized. The requirements of legislative acts for industrial safety of production facilities were summarized.

*Results.* The tasks for information and physical protection of automated control systems of reclamation agricultural production are formulated. There are systematized and characterized information protection factors, such as software updates, access control and password implementation, incident management, control over network solutions, and personnel training. Requirements for physical protection of automated agricultural production systems in accordance with the legislative acts of industrial safety are presented. The functional structure of the physical protection system for controlling the automated processes of the reclamation complex is determined.

*Discussion and Conclusion.* The application of the recommendations formulated in this work will help protect intellectual property, trade secrets, personal data and information resources, and solve the problem of information system security.

**Keywords:** safety, automated technologies, regulation, reclamation regime, agroecosystem

*The author declares no conflict of interest.*

**For citation:** Yurchenko I.F. Safety of Automated Technologies for Regulating the Reclamation Regime of Agroecosystem. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* = Engineering Technologies and Systems. 2022; 32(1):28-40. doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.032.202201.028-040>

### Введение

Масштабное внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами растениеводства (АСУ ТП) становится приоритетным направлением отечественного агропромышленного комплекса (АПК), способного конкурировать с ведущими мировыми производителями продуктов питания. [1–3]. Использование АСУ ТП в мелиоративном секторе АПК

позволяет решать широкий спектр практических задач, повышающих производительность, эффективность и экономическую целесообразность деятельности специалистов в холдингах, на предприятиях и фермерских хозяйствах [4–7].

Актуально изучение технологий регулирования мелиоративного режима агроэкосистем, интегрированных в систему точного земледелия [8–10]. Это позволяет практиковать дифференцированные

методы трансформации состояния мелиоративного режима с учетом изменчивости фактических значений контролируемых показателей по площади и во времени вегетации сельскохозяйственных культур. Вместе с тем для действенности внедряемых инноваций важно неукоснительно выполнять правила эксплуатации, предписанные разработчиками и/или обусловленные свойствами используемых автоматизированных систем управления (АСУ), требующих обеспечения безопасности<sup>1</sup> [11; 12]. Под безопасностью следует понимать информационную и физическую защиту функционирующих автоматизированных технологий регулирования мелиоративного режима агроэкосистемы. В последние годы число негативных воздействий на средства автоматизации технологических процессов агропроизводства растет. Это влечет крупные финансовые и материальные потери в отрасли. Защита информационных технологий (ИТ) на уровне хозяйствующего субъекта осложняется из-за отсутствия знаний и опыта у сотрудников [13–15]. В связи с этим вопросам безопасности функционирования автоматизированной технологии регулирования мелиоративного режима необходимо уделять пристальное внимание.

Цель настоящей работы – обоснование концептуальных положений по обеспечению безопасности автоматизированной технологии регулирования мелиоративного режима агроэкосистемы. Рекомендации могут способствовать цифровизации отечественной системы растениеводства на уровне агропредприятия.

## Обзор литературы

Система мелиоративного сельскохозяйственного производства включает следующие основополагающие структурные элементы: распределение ресурсов; управление производственными процессами, кадровым потенциалом, расходной и доходной составляющими производства, ликвидностью; реализация работ, товаров, услуг. Эти элементы должны равномерно, систематизированно и комплексно автоматизироваться.

Затронутая проблема довольно широко представлена в научной литературе. Однако эти исследования не в полной мере адаптированы как к современным реалиям, так и к специфике агропроизводства. К примеру, в действующих рекомендациях защиты АСУ ТП не учитывается повсеместное распространение дистанционных и удаленных форм управления технологическим процессом мелиоративного земледелия, резкий рост и модернизация приемов промышленного шпионажа и другие процессы. Настоящее исследование систематизирует уже имеющийся опыт и знания, а также предлагает новые методические и методологические решения.

Выполнен анализ работ, посвященных информационным ресурсам и технологиям в мелиорации [8; 12; 15]. Технические средства и оборудование, объединенные с инновационными алгоритмами технологических воздействий на агрофитоценозы, обеспечивают высокую оперативность реагирования управленцев на трансформацию среды обитания сельскохозяйственных культур, а также прогнозируют возможные

<sup>1</sup> Chakravorti B., Chaturvedi R. Sh. Digital Planet 2017: How Competitiveness and Trust in Digital Economies Vary Across the World. Medford : The Fletcher school, Tufts university, 2017. 70 p. URL: [https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2020/03/Digital\\_Planet\\_2017\\_FINAL.pdf](https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2020/03/Digital_Planet_2017_FINAL.pdf) (дата обращения: 20.03.2021.).

проблемы развития производства. Они могут стать неотъемлемым и приоритетным фактором успеха цифровой экономики отечественного агропромышленного комплекса [7].

Вместе с тем со всей очевидностью проявляется проблема практического использования средств автоматизации производственных процессов в повседневной деятельности специалистов [5; 9]. Сложившаяся традиционная система позадачной реализации программного обеспечения (ПО) для каждой локально разрабатываемой информационной технологии осложняет успешное решение проблемы. В такой ситуации появляется риск повторного сбора данных, возникают сложности в организации интерфейса при работе с информацией. В результате предприятие может отказаться от применения инноваций.

Создание ресурса, содержащего релевантную, достоверную, обновляемую и доступную информацию о системах автоматизации агропроизводства, требует квалифицированной и слаженной работы профессионалов из различных областей производства, науки и образования. Без этой информации товаропроизводители не смогут внедрять и эксплуатировать высокотехнологичные ИТ [13]. В настоящее время эффективность внедрения в практику агропроизводства высокотехнологичных АСУ ТП существенно отстает даже от малочисленных разработок в указанном секторе отечественной экономики [16].

В одной из наших работ была рассмотрена проблема формирования системы наполнения локальных баз данных сельхозтоваропроизводителей из

единого отраслевого информационного ресурса. Такая система может передавать на федеральный (региональный) уровень информацию о текущем состоянии агротехнологий. Она должна существенно повысить действенность цифровизации агропроизводства<sup>2</sup>.

Решение этой проблемы позволит товаропроизводителю получать достоверную информацию, необходимую для автоматизации системы управления режимами агроэкосистемы. Информационный ресурс поможет участникам агробизнеса при внедрении и распространении инноваций.

В данной работе уделено особое внимание проблеме защиты информации АСУ ТП. Указанная проблема изучалась и ранее, но, на наш взгляд, недостаточно глубоко. В практике сельхозтоваропроизводителя защита информации отодвинута на второй план. Несколько лет назад случаи несанкционированного доступа, непреднамеренного ущерба и промышленного шпионажа были эпизодическими и казались экзотическими. Сегодня проблема более актуальна. Ранее существовавшие методы защиты информации в АСУ ТП устарели. Они не учитывают современные вызовы, связанные с методами удаленного взлома систем. Требуются новые подходы к аппаратному и программному обеспечению защиты данных от удаленных проникновений.

Обзор литературы показал, что задача совершенствования нормативно-методической базы, регулирующей вопросы физической безопасности и информационной защиты систем автоматизации управления технологическими процессами мелиоративного агропроизводства, требует решения.

<sup>2</sup> Юрченко И. Ф. Автоматизация, электронизация, информатизация, как предшественники цифровизации мелиорации // Материалы Междунар. юбилейной науч.-практич. конф. «Проблемы развития сельскохозяйственных мелиораций и водохозяйственного комплекса на базе цифровых технологий» (23–24 октября 2019). Москва : ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2019. С. 76–84. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41275700> (дата обращения: 31.08.2021).

### Материалы и методы

В качестве объекта исследований представленной научной работы рассматривались АСУ ТП в системе растениеводства, предметом служили автоматизированные технологии регулирования мелиоративного режима агроэкосистем. Задача заключается в актуализации информационных документов по обеспечению безопасности автоматизированных технологий управления продуктивностью мелиорируемых агроэкосистем.

К автоматизированным системам управления мелиоративным режимом агропроизводства предъявляются следующие требования:

1. Оптимизация использования посевами фотосинтетического активного излучения солнца с целью повышения производительности агрофитоценозов.

2. Возможность регенерации энергетических и материальных потоков в экосистемах, прилегающих к мелиорируемому, до их естественного уровня, обеспечивающего экологическую безопасность агроландшафта.

3. Непосредственное управление эффективными параметрами, определяющими мелиоративный режим агроэкосистем.

4. Обеспечение необходимого диапазона регулирования параметров, характеризующих различные аспекты развития агрофитоценозов, для каждой фазы роста растений.

5. Формирование устойчивого мелиорируемого агроценоза, приоритетным направлением которого может стать увеличение биологического разнообразия возделываемой территории путем создания лесных полос вокруг мелиорируемых полей.

6. Сохранение и воспроизводство плодородия мелиорированных земель согласно природно-хозяйственным условиям сельскохозяйственного производства.

7. Оптимизация мелиоративного режима для всех растений каждого севооборота.

8. Создание приоритетных возможностей по регулированию параметров управления.

9. Реализация диапазона саморегулирования ведущих параметров агроэкосистем, обеспечивающих заданную точность автоматизированного регулирования мелиоративного режима.

10. Оптимизация и автоматизация производственных процессов агропроизводства в критические временные интервалы (активный рост сельскохозяйственных культур, природные и производственные аномалии и другие процессы).

11. Мониторинг восстановительных процессов в почвах.

12. Соблюдение норм экологической безопасности.

13. Идентификация стохастических свойств почв и распределения элементов питания растений.

Определение функциональной возможности и производственной эффективности нормативно-методических документов по обеспечению безопасности агроэкосистем потребовало решения следующих задач:

– собрать и проанализировать нормативно-методические документы по регулированию безопасности эксплуатируемых агропроизводством АСУ;

– систематизировать факторы информационной защиты автоматизированных технологий;

– разработать требования к информационной и физической защите АСУ ТП предприятия, соответствующие законодательным актам к промышленной безопасности объектов производства;

– сформировать функциональную структуру системы защиты технологий автоматизации управления предприятием мелиоративного комплекса.

В процессе решения поставленных задач применялись информационно-аналитические методы исследования, включающие сбор, обобщение, структуризацию, анализ и синтез следующих видов источников: опубликованные законодательные, нормативно-справочные материалы и результаты научно-исследовательских работ; материалы на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт); данные баз «Гарант» и «Консультант +»; фондовые материалы сферы эксплуатации водохозяйственного комплекса.

Было проанализировано свыше 150 источников за последние 50 лет. В данном случае речь идет о кросс-секционном дизайне исследования, подразумевающем работу с большим объемом материала с применением выборки для формирования генеральной совокупности. Важно отметить, что исследование носит гипотетический характер, но в рамках поставленных целей кросс-секционный дизайн достаточен.

### Результаты исследования

Для защиты автоматизированных систем управления производственными процессами, оперирующими конфиденциальными данными организации, необходимо снизить риск несанкционированного доступа к важным сведениям и целенаправленных повреждений технологического оборудования и техники. Основные виды угроз АСУ ТП можно разделить на информационные и физические<sup>3</sup> [17; 18].

Система защиты информации включает комплекс средств, методов и реализованных мер, обеспечивающих не-

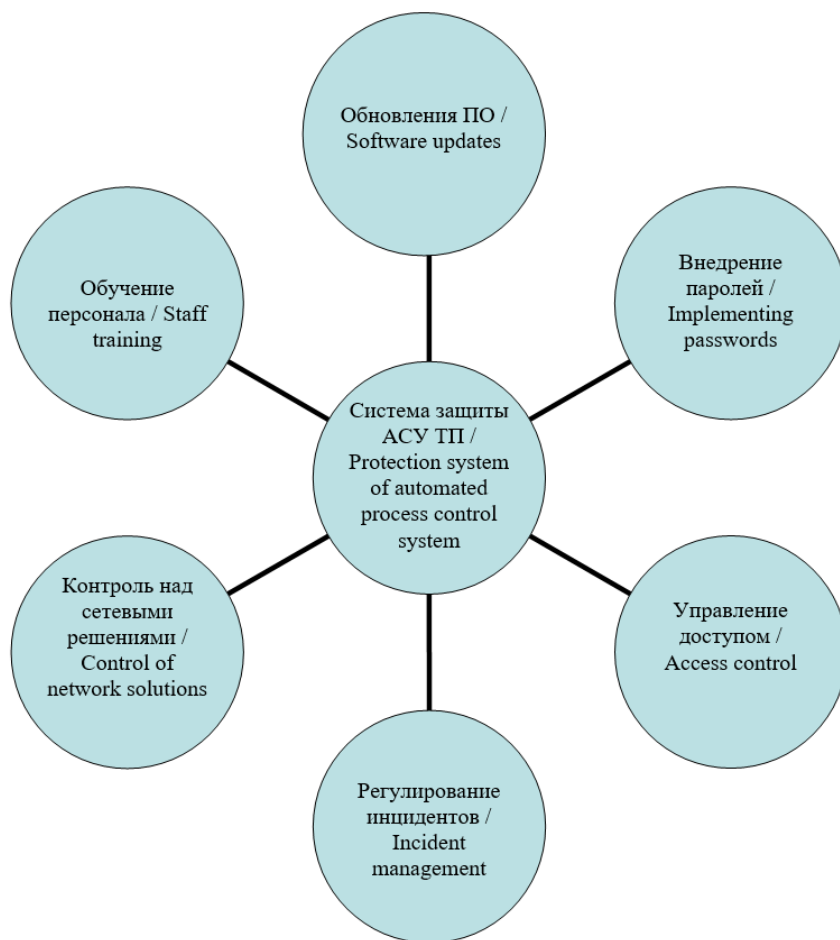
обходимую надежность информации, хранимой и обрабатываемой с использованием АСУ ТП. К факторам информационной защиты относят обновление ПО, управление доступом и внедрение паролей, регулирование инцидентов, контроль над сетевыми решениями, обучение персонала (рис. 1). Рисунок 1 составлен автором по материалам работы Э. Ю. Т. Адесты, Д. Агусмана, А. Авиценны [18].

Система физической защиты АСУ ТП интегрирована в систему общей защиты предприятия и включает следующие направления: систему защиты от аварий; противопожарную и противозрывную систему; распределенную систему контроля технического состояния функциональных блоков для средств автоматизации технологических процессов производства<sup>4</sup> [19].

К сожалению, на практике обновление ПО АСУ ТП агропроизводства выполняется крайне редко по ряду причин. Во-первых, предлагаемые производителем ПО обновления требуют дополнительного тестирования в реальных условиях, так как каждая автоматизированная система управления для сельского хозяйства в целом и мелиорации в частности уникальна и адаптирована под конкретные условия эксплуатации. Сложно организовать универсальные обновления. В результате требуется немало времени на внедрение обновлений в области информационной безопасности. Во-вторых, любое обновление системы автоматизации управления, в том числе и в сфере безопасности, подразумевает остановку функционирующей системы.

<sup>3</sup> Clancy H. Why Smart Irrigation Startups are Bubbling Up [Электронный ресурс]. URL: <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling> (дата обращения: 31.08.2021).

<sup>4</sup> Напрасников А. Т., Киселева Н. Д. Современная мелиорация земель в России и за рубежом // Материалы Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию высшего биологического образования в Восточной Сибири «Современные проблемы биологии, экологии и почвоведения» (19–20 сентября 2019). Иркутск : Иркутский государственный университет, 2019. С. 307–309. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44289552> (дата обращения: 31.08.2021).



Р и с. 1. Факторы информационной защиты  
F i g. 1. Information security factors

В этом случае нарушается непрерывность технологического процесса. В отличие от многих направлений производства процесс регулирования мелиоративного режима агроэкосистем носит дискретный характер и его можно остановить на некоторое время. Вместе с тем необходимо грамотно планировать мероприятия эксплуатации АСУ ТП, предусматривая этап обновления ПО системы в связи с технологическим процессом агропроизводства.

Проведенные исследования показывают, что эффективное практическое решение по защите информации обеспечивают мероприятия управления доступом и внедрение паролей. Каждый пользователь, оператор и специалист, работающий с АСУ ТП, должен иметь доступ только к той информации, которая соотносится с его профессиональной деятельностью.

При этом пользователи зачастую задают простые пароли, подобрать

которые программными методами или вручную не составляет особого труда. Ниже приведена таблица, составленная автором по рекомендациям «Лаборатории Касперского»<sup>5</sup>. Она помогает задавать сложные пароли. Эту информацию рекомендуется использовать на этапе обучения персонала.

Управление доступом должно реализовываться еще на стадии проектирования самой автоматизированной системы управления. Вносить изменения в процессе эксплуатации бывает крайне непросто. Безусловно, существуют определенные технологии, среди которых выделяются обновления. Но часто сложности изменения уровней и степени доступа имеют критический характер и заложены в базовом стандарте реализуемого

комплекса автоматизированного управления. В этом случае затраты на внесение изменений могут быть неоправданно высоки.

Пользователи сами должны устанавливать пароль. Но важно, чтобы руководство имело к ним доступ. К примеру, можно предоставить ограниченному кругу лиц возможность изменять пароли в режиме администрирования.

Мероприятия управления инцидентными ситуациями информационной безопасности в стандартном исполнении не подлежат процессу документации и не выполняются в фиксированном формате. Базовые системы мониторинга мероприятий информационной безопасности и ответа на вызовы не обеспечивают оперативное

Т а б л и ц а  
T a b l e

**Простые и сложные пароли для АСУ ТП**  
**Simple and complex passwords for automated process control systems**

Простые / Simple	Сложные / Complicated
Короткие слова / Short words	Длинные, более 12 символов / Long, more than 12 characters
Содержит символы из одной группы: строчные, прописные буквы, специальные символы, цифры / Contains characters from the same group: lowercase, uppercase letters, special characters, numbers	Комбинации, включающие как минимум три из четырех групп / Combinations involving at least three of the four groups
Существующее слово из языка / Existing word of the language	Придуманное слово, не встречающееся в словарях / Invented word not found in dictionaries
Наличие прямой связи с владельцем (дата рождения, имя ребенка) / The presence of a direct link to the owner (date of birth, child's name)	Явная связь отсутствует / There is no explicit connection
У всех пользователей АСУ ТП единый пароль (частое явление) / All users of automated process control systems have a single password (a frequent occurrence)	Разные комбинации / Different combinations
Пароль не меняется при смене сотрудника, увольнении / Password does not change when an employee is changed or dismissed	Обязательная замена пароля новым пользователем / Mandatory replacement of the password by a new user

<sup>5</sup> Советы по созданию уникальных надежных паролей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/threats/how-to-create-a-strong-password> (дата обращения: 31.08.2021).



реагирование на возникающие критические события и непропорциональные действия, чтобы своевременно принять необходимые и адекватные меры противодействия. В связи с этим хозяйствующие субъекты должны формировать перечень отслеживаемых инцидентов и соответствующих им элементов АСУ ТП, а также параметры мониторинговых и аналитических мероприятий (кто, когда, как часто осуществляет и т. д.). Организация системы централизованного сбора и анализа событий информационной безопасности не относится к дорогостоящим мероприятиям, так как не требует приобретения программных и аппаратных комплексов, которые могут обходиться достаточно дорого, что позволяет включить указанное мероприятие в перечень необходимых.

К оптимальным мероприятиям отслеживания сетевых атак и предотвращения хищения информации относится контроль сетевых решений, принадлежащий к классу так называемых пассивных систем контроля, которые не требуют остановки технологических процессов и не нарушают непрерывности работы. Используемое в таких ситуациях ПО не должно создавать дополнительных сложностей эксплуатации АСУ ТП и увеличивать время передачи данных.

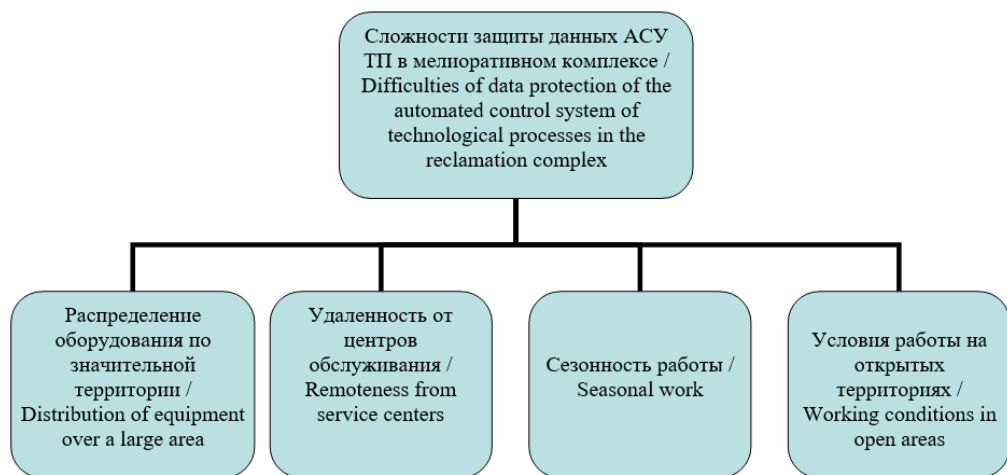
Необходимо отметить, что знания и умения специалистов службы эксплуатации в области информационной безопасности помогут избежать негативных последствий непреднамеренных действий сотрудников предприятия. Привлечение разработчиков системы автоматизации производственных процессов решит проблему. Эти специалисты понимают особенности работы всех систем и уровней защиты, а также способны в доступной форме передать знания работникам предприятия-заказчика.

Система физической защиты АСУ ТП предприятия агропроизводства создается в соответствии с требованиями к промышленной безопасности, которые формируются согласно законодательным актам, регулирующим указанную сферу правового обеспечения. Промышленные объекты I или II класса опасности эксплуатируются согласно положениям системы управления промышленной безопасностью (СУПБ), разрабатываемой эксплуатирующей организацией. В составе СУПБ освещаются во взаимной связи организационные, технологические и технические мероприятия для предупреждения, локализации и ликвидации аварий и инцидентов на объекте, снижаются негативные последствия. При этом СУПБ должны обеспечивать идентификацию, анализ и прогнозирование риска аварий на агропромышленных объектах и связанных с такими авариями угроз, планирование и реализацию мер по снижению риска аварий на опасных объектах агропроизводства.

В современных реалиях автоматизация защиты не отделяется от остальных процессов мелиоративного агропроизводства, но тем не менее имеет свои особенности (рис. 2).

Система физической защиты средств автоматизации технологических процессов производства на предприятиях мелиоративного комплекса должна гарантировать реализацию следующих функций:

- непрерывное наблюдение за параметрическими показателями технологического процесса;
- управление режимами функционирования противоотказными и противоаварийными системами;
- фиксация срабатываний и отслеживание работоспособности средств противоаварийной защиты;
- изучение параметров и их изменений, формирование прогнозов возможных аварий и незаконных действий;



Р и с. 2. Факторы, усложняющие защиту данных АСУ мелиоративного агропроизводства  
 F i g. 2. Factors that complicate the data protection of ACS of meliorative agricultural production

– запуск сигналов на устройства оповещения несанкционированного проникновения на территорию либо отдельные модули АСУ;

– определение несанкционированного отключения периферийных устройств, например: датчиков, контроллеров, электродвигателей, слаботочных кабелей с жилами из цветных металлов;

– управление средствами противаварийной и защитной системы;

– формирование и предоставление отчетов о работе комплексов физической защиты.

Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что автоматизированные системы регулирования мелиоративного режима решают ряд важных задач, в том числе противаварийные мероприятия, и полностью соответствуют требованиям Федерального закона № 22-ФЗ от 4 марта 2013 г.

Немаловажным является то, что автоматизированные системы управления технологическими процессами в мелиорации не просто упрощают работу сотрудникам аграрного предприятия, но

и способствуют обеспечению дополнительной безопасности.

### Обсуждение и заключение

Для реализации концепции безопасности информационных систем регулирования мелиоративного режима агроэкосистем в условиях нарастающей степени рисков следует применять следующие уровни базовой защиты:

– административный, обеспечивающий наличие локальных нормативных актов, регулирующих общий подход к функциональным задачам службы эксплуатации АСУ ТП;

– организационный, включающий методические рекомендации для сотрудников при использовании АСУ ТП;

– технический, формирующий и исполняющий программные и аппаратные решения по безопасности средств автоматизации технологических процессов.

Применение указанных мер направлено на сохранение интеллектуальной собственности и коммерческой тайны предприятия, соблюдение положений законодательства о безопасности персональных данных, обеспечение

надежности защиты информационных ресурсов производства, достижение действенности привлечения ресурсов предприятия для решения задач безопасности информационных систем. Рекомендуется использовать уже готовые программные решения, представленные на отечественном рынке. Среди них стоит отметить Kaspersky Industrial CyberSecurity (KICS), PT Industrial Security Incident Manager (PT ISIM), DATAPK.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Савина Т. Н. Цифровая экономика как новая парадигма развития: вызовы, возможности и перспективы // Финансы и кредит. 2018. Т. 24, № 3. С. 579–590. doi: <https://doi.org/10.24891/fc.24.3.579>
2. Возможность оценки степени развития растений озимой пшеницы в период «всходы – кушение» по данным дистанционного зондирования Земли / И. Г. Сторчак [и др.] // Инженерные технологии и системы. 2021. Т. 31, № 1. С. 21–36. doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202101.021-036>
3. Субботин И. А., Васильев Э. В. Модель прогнозирования комплексного негативного воздействия технологий сельхозпроизводства на водные объекты // Инженерные технологии и системы. 2021. Т. 31, № 2. С. 227–240. doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202102.227-240>
4. Lehmann R. J., Reiche R., Schiefer G. Future Internet and the Agri-Food Sector: State-of-the-Art in Literature and Research // Computers and Electronics in Agriculture. 2012. Vol. 89. P. 158–174. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.09.005>
5. Юрченко И. Ф. Системы поддержки принятия решений как фактор повышения эффективности управления мелиорацией // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2. С. 195–209. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=325> (дата обращения: 31.08.2021).
6. Повышение ответственности сельхозтоваропроизводителей за воспроизводство почвенного плодородия мелиорируемых земель / Г. Т. Балакай [и др.] // Агрохимический вестник. 2015. № 2. С. 29–33. URL: <https://clck.ru/amCPH> (дата обращения: 31.08.2021).
7. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф., Яшин В. М. Модели и информационные технологии управления водопользованием на мелиоративных системах, обеспечивающие благоприятный мелиоративный режим // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 5–6. С. 50–55. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22553333> (дата обращения: 31.08.2021).
8. Об общих научных подходах к созданию унифицированных прецизионных энергосберегающих АСУ ТП / Г. И. Канюк [и др.] // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2016. № 2. С. 20–32. URL: <https://clck.ru/amCh3> (дата обращения: 30.08.2021).
9. Юрченко И. Ф., Трунин В. В. Система поддержки принятия решений по водораспределению на базе веб-технологий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. № 2. С. 87–97. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=716> (дата обращения: 30.08.2021).
10. Юрченко И. Ф. Водосберегающая технология планирования технической эксплуатации мелиоративных систем // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. № 5. С. 76–88. doi: <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2016-5-6>
11. Yang S.-H. Internet-Based Control System Architecture Design // Internet-Based Control Systems. Advances in Industrial Control ; ed. by S.-H. Yang. London : Springer, 2011. P. 17–27. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-84996-359-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-84996-359-6_3)
12. Цифровая экономика и перспективы ее роста на 2018–2020 годы / А. В. Захарян [и др.] // Экономика и предпринимательство. 2018. № 5. С. 169–173. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35001597> (дата обращения: 31.08.2021).
13. Priorities for Science to Overcome Hurdles Thwarting the Full Promise of the ‘Digital Agriculture’ Revolution / M. Shepherd [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018. Vol. 100, Issue 14. P. 5083–5092. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9346>
14. Luo Y. A General Framework of Digitization Risks in International Business [Электронный ресурс] // Journal of International Business Studies. 2021. doi: <https://doi.org/10.1057/s41267-021-00448-9>

15. Shibata S. Digitalization or Flexibilization? The Changing Role of Technology in the Political Economy of Japan [Электронный ресурс] // Review of International Political Economy. 2021. doi: <https://doi.org/10.1080/09692290.2021.1935294>
16. Огневцев С. Б. Цифровизация экономики и экономика цифровизации АПК // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 2. С. 77–80. doi: <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-12034>
17. Kumari R., Devadas V. Input-Output Analysis for Rural Industrial Development of Patna Region // Journal of Regional Development and Planning. 2014. Vol. 3, Issue 2. P. 37–50. URL: <https://econpapers.repec.org/article/risjrdpin/0031.htm> (дата обращения: 31.08.2021).
18. Adesta E. Yu. T., Agusman D., Avicenna A. Internet of Things (IoT) in Agriculture Industries // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics. 2017. Vol. 5, Issue 4. P. 376–382. doi: <https://doi.org/10.52549/ijeei.v5i4.373>
19. The Efficiency of Impervious Protection of Hydraulic Structures of Irrigation Systems / M. A. Bandurin [et al.] // International Scientific and Practical Conference “AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture” (AgroSMART 2018). Vol. 151. Tyumen : Atlantis Press, 2018. P. 56–61. doi: <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.11>

Поступила 01.07.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 20.09.2021

Об авторе:

**Юрченко Ирина Федоровна**, главный научный сотрудник отдела природоохранных и информационных технологий Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, корп. 2), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2390-1736>, [irina.507@mail.ru](mailto:irina.507@mail.ru)

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

## REFERENCES

1. Savina T.N. Digital Economy as a New Paradigm of Development: Challenges, Opportunities, and Prospects. *Finansy i kredit* = Finance and Credit. 2018; 24(3):579-590. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.24891/fc.24.3.579>
2. Storchak I.G., Eroshenko F.V., Oganyan L.R., et al. Assessment of Winter Wheat Plant Development during the Seeding and Tilling Stages According to the Earth Remote Sensing Data. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* = Engineering Technologies and Systems. 2021; 31(1):21-36. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202101.021-036>
3. Subbotin I.A., Vasilev E.V. A Forecast Model of the Complex Negative Impact of Agricultural Production Technologies on Water Bodies. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* = Engineering Technologies and Systems. 2021; 31(2):227-240. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202102.227-240>
4. Lehmann R.J., Reiche R., Schiefer G. Future Internet and the Agri-Food Sector: State-of-the-Art in Literature and Research. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2012; 89:158-174. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.09.005>
5. Yurchenko I.F. Decision Support System as a Factor for Improving Reclamation Management Efficiency. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* = Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2017; (2):195-209. Available at: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=325> (accessed 31.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
6. Bakalay G.T., Yurchenko I.F., Lentyaeva E.A., Yalalova G.Kh. Increase of Agriculturists Responsibility for the Reproduction of Soil Fertility Reclaimed Lands. *Agrokhimicheskiiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2015; (2):29-33. Available at: <https://clck.ru/amCPH> (accessed 31.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

7. Kireycheva L.V., Yurchenko I.F., Yashin V.M. Models and Information Technologies for Water Management on the Reclamation System, Which Provides Favorable Reclamation Mode. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* = Melioration and Water Management. 2014; (5-6):50-55. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22553333> (accessed 31.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

8. Kaniuk G.I., Babenko I.A., Kozlova M.L., et al. Experimental Study to Efficiency Automated Energysave Management Circulation Pump of Power Station. *Energoberezhenie. Energetika. Energoaudit* = Energy Saving. Power Engineering. Energy Audit. 2016; (2):20-32. Available at: <https://clck.ru/amCh3> (accessed 30.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

9. Yurchenko I.F., Trunin V.V. Decision Support System for Water Allocation Based on Web Technologies. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* = Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2014; (2):87-97. Available at: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=716> (accessed 30.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

10. Yurchenko I.F. [Water-Saving Technology for Planning Technical Operation of Land Reclamation Systems]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* = Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management. 2016; (5):76-88. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2016-5-6>

11. Yang S.-H. Internet-Based Control System Architecture Design. In: Yang S.-H. (ed.). *Internet-Based Control Systems. Advances in Industrial Control*. London: Springer; 2011. p. 17-27. (In Eng.) doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-84996-359-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-84996-359-6_3)

12. Zakharyan A.V., Pomerko E.S., Negodova A.V., et al. Digital Economy and Prospects of Its Growth for 2018-2020. *Ekonomika i predprinimatelstvo* = Journal of Economy and Entrepreneurship. 2018; (5):169-173. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35001597> (accessed 31.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

13. Shepherd M., Turner J.A., Small B., Wheeler D. Priorities for Science to Overcome Hurdles Thwarting the Full Promise of the ‘Digital Agriculture’ Revolution. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018; 100(14):5083-5092. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9346>

14. Luo Y. A General Framework of Digitization Risks in International Business. *Journal of International Business Studies*. 2021. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1057/s41267-021-00448-9>

15. Shibata S. Digitalization or Flexibilization? The Changing Role of Technology in the Political Economy of Japan. *Review of International Political Economy*. 2021. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1080/09692290.2021.1935294>

16. Ognivtsev S.B. The Digitalization of the Economy and the Economy of Digitalization in Agriculture. *Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal* = International Agricultural Journal. 2019; (2):77-80. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-12034>

17. Kumari R., Devadas V. Input-Output Analysis for Rural Industrial Development of Patna Region. *Journal of Regional Development and Planning*. 2014; 3(2):37-50. Available at: <https://econpapers.repec.org/article/risjrdpin/0031.htm> (accessed 31.08.2021). (In Eng.)

18. Adesta E.Yu.T., Agusman D., Avicenna A. Internet of Things (IoT) in Agriculture Industries. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics*. 2017; 5(4):376-382. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.52549/ijeei.v5i4.373>

19. Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A., et al. The Efficiency of Impervious Protection of Hydraulic Structures of Irrigation Systems. In: International Scientific and Practical Conference “AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture” (AgroSMART 2018). Vol. 151. Tyumen: Atlantis Press; 2018. p. 56-61. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.11>

*Submitted 01.07.2021; approved after reviewing 10.09.2021; accepted for publication 20.09.2021*

*About the author:*

**Irina F. Yurchenko**, Chief Scientist of the Department of Environmental Protection and Information Technology, Kostyakov All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation (44, Bldg 2 Bolshaya Akademicheskaya St., Moscow 27550, Russian Federation), Dr.Sci. (Engr.), Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2390-1736>, [irina.507@mail.ru](mailto:irina.507@mail.ru)

*The author has read and approved the final manuscript.*