



УДК: 621.039.58.4

DOI: 10.26277/SECNRS.2023.110.4.005

© 2023. Все права защищены.

## МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОБЛОКА № 4 НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС

Самодеевко А. А.\* (SamodeenkoAA@nvnpp1.rosenergoatom.ru),  
Синюков Д. С.\*, канд. техн. наук (SinyukovDS@nvnpp1.rosenergoatom.ru),  
Иванников А. А.\* (IvannikovAA@nvnpp1.rosenergoatom.ru)

Статья поступила в редакцию 28 ноября 2023 г.

### *Аннотация*

*Приведены результаты обязательной модернизации информационно-вычислительной системы управления, выполненной при продлении срока действия энергоблока № 4 Нововоронежской АЭС. Проблема была решена на основе принципа унификации. Программное обеспечение всех компонентов программно-технического комплекса информационно-вычислительной системы, включая функции систем предоставления параметров безопасности и внутрореакторного контроля, реализовано на единых программных средствах.*

► **Ключевые слова:** *информационно-вычислительная система, параметры безопасности, внутрореакторный контроль, единые программные средства.*

\* Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция», г. Нововоронеж, Россия.

## UPGRADED INFORMATION AND COMPUTING CONTROL SYSTEM OF THE NOVOVORONEZH NPP UNIT 4

Samodeenko A. A.\*,  
Sinyukov D. S.\*, Ph. D.,  
Ivannikov A. A.\*

Article is received on November 28, 2023.

### *Abstract*

*The results of the mandatory upgrading of the information and computing control system, performed during lifetime extension of the Novovoronezh NPP unit 4, are presented. The problem was solved on the basis of the principle of unification. The software of all components of the software and hardware complex of the information and computing control system, including the functions of systems for providing security parameters and in-reactor control, is implemented on unified software tools.*

► **Keywords:** *information and computing system, security parameters, in-reactor control, unified software tools.*

---

\* Novovoronezh Nuclear Power Plant branch of Rosenergoatom Concern JSC, Novovoronezh, Russia.

## Введение

Энергоблоки АЭС имеют длительный срок эксплуатации, что приводит к ситуации, когда в процессе эксплуатации технические и программные средства систем управления перестают отвечать текущим современным требованиям в плане надежности и безопасности их использования. В результате для продления срока действия энергоблока требуется обязательное проведение модернизации информационно-вычислительной системы (ИВС) управления. В настоящей статье приводятся результаты такой работы, проведенной на энергоблоке № 4 Нововоронежской АЭС.

### Принципы построения внедряемой информационно-вычислительной системы

При выборе оборудования для создания новой ИВС модернизируемого энергоблока был реализован принцип унификации [1, 2]. Программное обеспечение (ПО) всех элементов программно-технического комплекса (ПТК) ИВС, включая функции системы предоставления безопасности и системы внутриреакторного контроля (СВРК), реализовано на единых программных средствах. Представление значений технологических параметров энергоблока на всех рабочих станциях ПТК ИВС, интерфейсы взаимодействия, человеко-машинный интерфейс и навигация по видеокдрам идентичны. Такая унификация отвечает оптимальному взаимодействию системы «человек – машина».

На рис. представлена принципиальная схема построения ИВС на энергоблоке № 4 после модернизации. Система удовлетворяет требованиям федеральных норм и правил в области использования атомной энергии по обеспечению надежности на основе резервирования, независимости, разнообразия с учетом отказов по общей причине. Для этого в ПТК ИВС реализован двухканальный режим измерения и обработки данных [3, 4].

Основной и дублирующий каналы измерения и обработки данных в ПТК ИВС функционируют одновременно в полном объеме. В серверах оперативного контура вычислительного комплекса ИВС, к которым относятся два сервера ИВС и два сервера СВРК, информация, полученная от двух каналов, устройства связи с объектом ИВС и устройства связи с объектом СВРК, обрабатывается совместно, что обеспечивает отсутствие влияния отказа в одном из каналов устройства связи с объектом на результаты работы ИВС.

### Функционал разработанной информационно-вычислительной системы

Оборудование разработанной ИВС при режимах нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации модернизируемого энергоблока реализует следующий информационный функционал [5, 6]:

- прием информации от всех существующих, модернизированных и вновь созданных систем контроля и управления энергоблока в соответствии со структурной схемой ИВС;
- представление актуальной и ретроспективной информации оперативному персоналу, а также экспертам аварийных центров АЭС и АО «Концерн Росэнергоатом» о:
  - компенсации запаздывания сигналов датчиков прямого заряда;
  - учете влияния неполного перемешивания теплоносителя в головках кассет на показания термопреобразователя на выходах кассет;
  - контроле температуры (или энтальпии) теплоносителя на выходе из горячего канала.

Функционал системы предоставления безопасности включает:

- своевременное предупреждение оператора о нарушении критических функций безопасности (КФБ), срабатывание сигнализации об изменениях состояния КФБ;
- представление оперативному персоналу электронного аналога деревьев состояния КФБ, определяющих выбор процедуры по восстановлению КФБ;
- выдачу оператору рекомендаций о применении той или иной процедуры по восстановлению КФБ (контроль состояния диагностических блоков (узлов) деревьев КФБ и контроль активации выходных ветвей деревьев КФБ);
- предоставление электронных интерактивных процедур восстановления КФБ;
- предоставление справочной или расчетной информации, необходимой для принятия решений и выполнения управляющих действий, определенных в «Руководстве по управлению запроектными авариями», применяемом на Нововоронежской АЭС;
- предоставление необходимой информации о состоянии рабочих механизмов, используемых при выполнении управляющих действий.

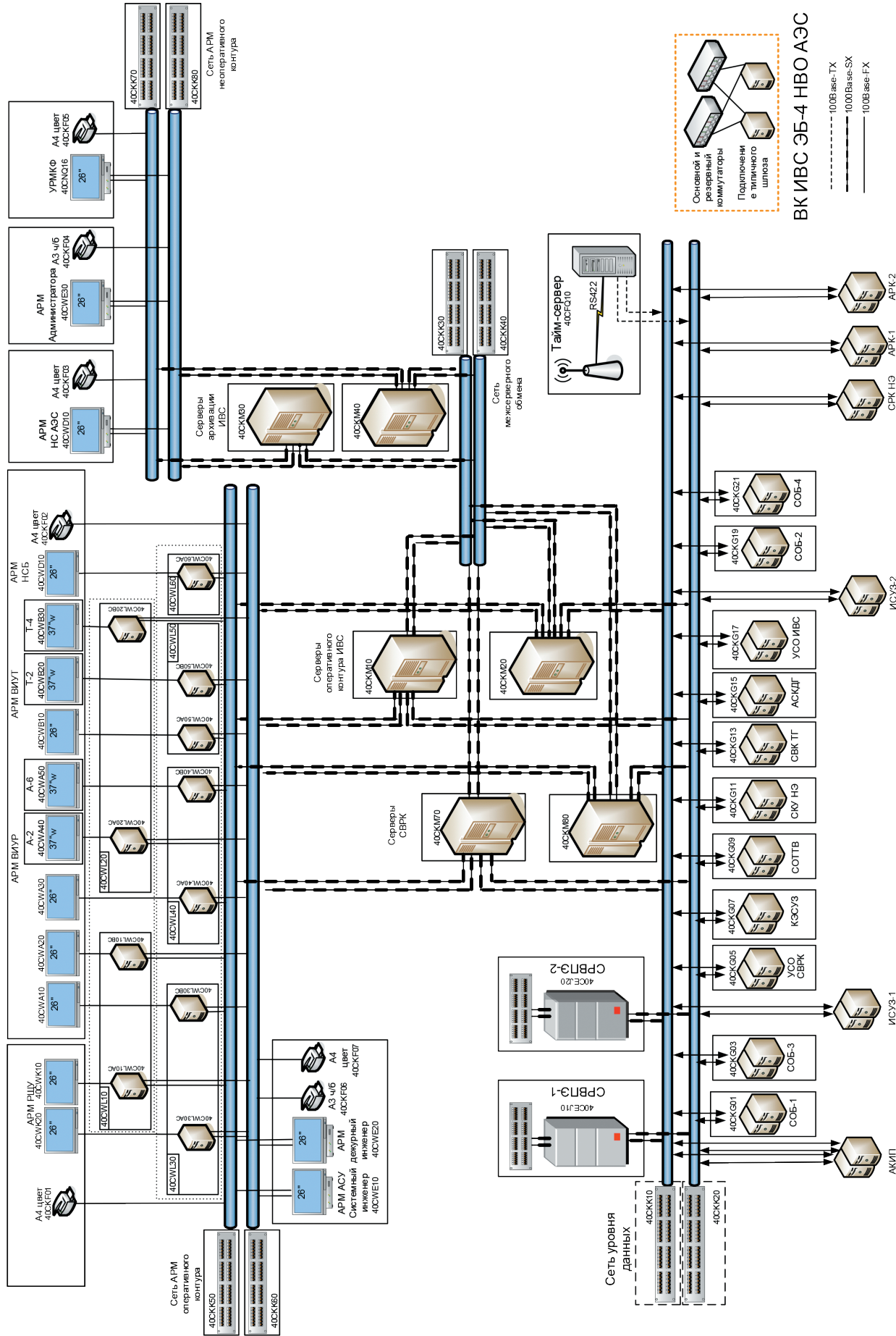


Рис. Принципиальная схема информационно-вычислительной системы после модернизации энергоблока № 4 Нововоронежской АЭС [Fig. Schematic diagram of the Novovoronezh NPP power unit 4 information and computing system after the modernization of the Novovoronezh NPP power unit 4]

### Автоматизированные рабочие места оперативного персонала

Автоматизированные рабочие места (АРМ) оперативного персонала обеспечивают представление всей совокупной технологической информации оперативному персоналу энергоблока и сигнализируют об отклонении технологических параметров от нормальных значений. АРМ получают информацию от каждого сервера ИВС и обеспечивают представление информации оператору на мониторах в цикле приема данных от серверов независимо друг от друга.

В состав ИВС входят следующие АРМ оперативного персонала:

- ведущего инженера управления реактором, состоящее из двух дисплеев, размещенных на панелях, и трех дисплеев, размещенных на столе блочного щита управления;
- ведущего инженера управления турбиной, состоящее из двух дисплеев, размещенных на панелях, и одного дисплея, размещенного на столе блочного щита управления;
- начальника смены энергоблока, состоящее из одного дисплея, размещенного на столе блочного щита управления;
- резервного щита управления, состоящее из двух дисплеев;
- начальника смены АЭС, состоящее из дисплея, размещенного на рабочем месте;
- системного администратора ИВС;
- системного инженера и дежурного инженера;
- контролирующего физика.

На мониторы оперативных АРМ выводятся следующие данные:

- технологическая информация (представление видеокладов, сигнализация, протоколирование технологических событий, вывод архивных данных);
- прогноз состояния реакторной установки (с участием оперативного персонала).

На мониторы АРМ неоперативного контура выводится следующая информация:

- диагностика состояния измерительных каналов;
- контроль и диагностика ПТК ИВС;
- контроль санкций доступа персонала.

Реализация решения применения однотипных аппаратных и программных средств шлюзового оборудования, входящего в состав ИВС модернизированного энергоблока, позволяет оптимизировать состав резервного оборудования и избежать программных конфликтов при обмене данными

«шлюз – сервер». Шлюзовое прикладное ПО предусматривает до 40 протоколов обмена со смежными подсистемами. На сегодня сетевая инфраструктура, смонтированная во время модернизации энергоблока, для обеспечения интеграции смежных подсистем в ИВС через шлюзы готова для подключения до 24 дублированных каналов, предусмотренных проектом ИВС.

### Программное обеспечение разработанной информационно-вычислительной системы

В качестве базовой платформы для разработанной ИВС был выбран программно-технический комплекс на базе ПО «Крузиз». ПО комплекса имеет модульную структуру и создается проектным путем (конфигурируется) на базе библиотеки ПО «Крузиз».

Сконфигурированное ПО является децентрализованным и может функционировать как на одном компьютере, так и на многомашинном комплексе. По решаемым задачам и степени инвариантности к прикладным задачам ПО было реализовано четыре уровня [3, 7].

Уровень 1 – операционная система (не является частью ПО «Крузиз»). Чаще всего на оборудовании оперативного персонала используется операционная система Linux, на оборудовании неоперативного персонала – различные версии Windows.

Уровень 2 – средства абстрагирования от операционной системы. Они, как и уровни 3 и 4, входят в состав ПО «Крузиз». Наличие этого уровня позволяет использовать ПО полуфабрикатного режима с разными операционными системами без изменений в прикладных программах: для перехода к другой операционной системе достаточно заменить библиотеку программных средств уровня 2 и перекомпилировать ПО уровней 3 и 4. Программные средства уровня 2 не имеют пользовательского интерфейса и не требуют обслуживания.

Уровень 3 – базовые сервисы. Уровень реализует механизмы взаимодействия между прикладными программами. Сервисы выполняют свои функции путем вызова программ из библиотеки функций ПО «Крузиз». В состав информационной системы входят следующие базовые сервисы:

- запуск ПО обеспечивает управление остальными включенными в конфигурацию системы сервисами;
- Хранилище обеспечивает функционирование размещенных на жестком диске каждой ЭВМ файлов, содержащих информацию о конфигурации

и настройках системы и необходимых для корректного перезапуска ПО. Сервис выполняет, в том числе, синхронизацию Хранилищ разных ЭВМ;

- диспетчер обеспечивает организацию взаимодействия и обмена данными между модулями диспетчера, выполняющими функции приема, обработки и передачи данных. Каждый модуль диспетчера может обмениваться данными с диспетчером через специализированный программный интерфейс. Диспетчер хранит перечни входных и выходных данных каждого включенного в конфигурацию модуля. По приходу данных от любого модуля сервис диспетчера обеспечивает перенаправление данных активным модулям, использующим эти данные для последующей обработки. Включение в конфигурацию нового модуля может выполняться как при остановленном, так и при работающем диспетчере;

- протокол сообщений обеспечивает функционирование протокола событий;

- архив обеспечивает функционирование апертурного архива;

- самодиагностика обеспечивает контроль состояния оборудования и функционирования исполняемых модулей ПО.

Уровень 4 – прикладные программы и модули, выполненные в виде программных библиотек.

Программные средства данного уровня комплексно разработаны по единым требованиям, что исключает проблемы совместимости нижнего и верхнего уровней разработанной платформы.

### **Обеспечение надежности предлагаемых разработанных информационно-вычислительных систем**

Надежность реализованных на единой платформе решений обеспечивается следующим [1, 2]:

- оборудование изготовлено серийно по техническим условиям под контролем надзорных органов;

- программные средства разработаны в соответствии с изложенными в [8, 9] требованиями к процедуре разработки ПО систем, важных для безопасности;

- организация программной среды обеспечивает возможность резервирования оборудования;

- ряд важных для безопасности функций реализован в нескольких (не менее двух) вариантах в разных программных модулях, обеспечена возможность одновременной работы альтернативных алгоритмов и автоматического сравнения результатов;

- в системах с дублированной структурой для повышения надежности на основе разнообразия реализована мультиплатформенность ПО, позволяющая на основном и резервном оборудовании использовать разные операционные системы;

- прием и обработка данных от измерительной аппаратуры выполняются в жестком цикле по принципу «все всегда», что обеспечивает отсутствие зависимости загрузки (работоспособности) системы от режимов работы контролируемого объекта.

В ИВС модернизированного энергоблока используется российская операционная система «Astra Linux Смоленск», зарегистрированная в системах сертификации средств защиты информации ФСТЭК России. В роли основного ПО выступает аттестованное в Ростехнадзоре ПО «Крузиз» 3.3, разработчиком которого является ООО «ИФ СНИИП АТОМ», что дает возможность дальнейшего всестороннего развития этой программной платформы. Внедрение отечественных программных продуктов хорошо отражает общее направление развития во всех отраслях российского производства после 2014 г. Модульная структура построения с возможностью гибкого распределения функций между компьютерами позволяет распределять нагрузку и определять индивидуальные роли каждого сервера, шлюза и т. д. Клиент-серверная архитектура, используемая в классических решениях, ограничена вычислительными возможностями обработки данных в сервере. Модульный подход допускает иметь всего один дистрибутив ПО, а пакет настраиваемых «профилей» оборудования обеспечивает возможность оперативно конфигурировать один «системный блок» под любые задачи – от шлюза до сервера. Эти свойства ПО позволяют иметь универсальный резерв оборудования при ограниченном количестве запасных частей.

### **Заключение**

В результате выполнения работ по модернизации энергоблока № 4 Нововоронежской АЭС был разработан уникальный ПТК, построенный на модульном принципе и объединивший различные функции вычислительных систем энергоблока, в том числе:

1. Достигнуты цели по унификации представления данных оператору от различных систем энергоблока различным группам пользователей;

2. Расширены возможности представления данных;

3. Получены новые возможности информационной поддержки оператора, облегчающие оценку состояния оборудования и принятия решения по управлению энергоблоком;

4. Повышена надежность и устойчивость работы оборудования за счет применения принципов дублирования, резервирования и разнообразия;

5. Унифицированы технические средства ПТК, что значительно упростило его эксплуатацию;

6. На энергоблоке создана ИВС, имеющая расширенные возможности интерфейса, гибкость конфигурации, большой набор вспомогательных

инструментов и неограниченный потенциал по расширению как обрабатываемых параметров, так и функционала работы.

Таким образом, особенности построения модернизированной ИВС, готовность к дальнейшему развитию, расширенные возможности интерфейса, гибкость конфигурации, большой набор вспомогательных программных инструментов делают ИВС энергоблока № 4 Нововоронежской АЭС под управлением ПО «Круз» хорошей альтернативой классическим решениям, применяемым в настоящее время на АЭС в Российской Федерации.

### Литература

1. Терехов Д. В., Данилов А. Д. Проблема разработки принципов организации информационного обмена между иерархическими уровнями в многоуровневых АСУТП // Информационные технологии моделирования и управления. 2021. Т. 124. № 2. С. 151–157.

2. Поваров В. П., Терехов Д. В., Данилов А. Д. Особенности использования многоуровневой конфигурации специализированной информационной системы в задачах реализации принципа разнообразия систем безопасности 4-го блока Нововоронежской АЭС // Ядерная и радиационная безопасность. 2019. № S1. С. 41–45.

3. Данилов А. Д., Синоков Д. С. Механизм распределения данных о специальных транзакциях с оперативным контентом в реальном времени на основе кэширования в гетерогенных объектах распределенной сети // Информационные технологии моделирования и управления. 2021. Т. 125. № 3. С. 216–223.

4. Терехов Д. В., Данилов А. Д. Обработка потоков данных в информационных системах верхнего уровня управления процессами // Системы управления и информационные технологии. 2019. № 1 (75). С. 67–70.

5. Поваров В. П., Бакиров М. Б., Данилов А. Д. Автоматизированная система многопараметрического мониторинга параметров состояния энергетических установок АЭС. – Воронеж: Научная книга, 2017. – 276 с.

6. Поваров В. П., Бакиров М. Б., Данилов А. Д. Обработка данных в системе непрерывного мониторинга эксплуатационной повреждаемости критических элементов энергетических установок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2018. Т. 14. № 1. С. 64–72.

7. Данилов А. Д., Терехов Д. В. Особенности архитектуры информационной системы реального времени // Системы управления и информационные технологии. 2018. № 4 (74). С. 49–54.

8. ГОСТ Р МЭК 60880-2010. Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Программное обеспечение компьютерных систем, выполняющих функции категории А. – М.: Стандартинформ, 2011. 84 с.

9. ГОСТ Р МЭК 62138-2010. Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Программное обеспечение компьютерных систем, выполняющих функции категорий В и С. – М.: Стандартинформ, 2011. 39 с.

### References

1. Terekhov D. V., Danilov A. D. (2021). Problema razrabotki printsipov organizatsii informatsionnogo obmena mezhdru ierarkhicheskimi urovnyami v mnogourovnevykh ASUTP [The problem of developing the principles of organizing information exchange between hierarchical levels in multi-level automated control systems]. Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya – Information technologies of modeling and management, vol. 124, No. 2, pp. 151–157. [in Russian].

2. Povarov V. P., Terekhov D. V., Danilov A. D. (2019). Osobennosti ispol'zovaniya mnogourovnevoi konfiguratsii spetsializirovannoi informatsionnoi sistemy v zadachakh realizatsii printsipa raznobraziya sistem bezopasnosti 4-go bloka Novovoronezhskoi AEHS [Features of using a multi-level configuration of a specialized

information system in the tasks of implementing the principle of diversity of safety systems of the 4th block of the Novovoronezh NPP]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'* – Nuclear and Radiation Safety Journal, No. S1, pp. 41–45. [in Russian].

3. Danilov A. D., Sinyukov D. S. (2021). *Mekhanizm raspredeleniya dannykh o spetsial'nykh tranzaktsiyakh s operativnym kontentom v real'nom vremeni na osnove kehshirovaniya v geterogennykh ob'ektakh raspredelennoi seti* [The mechanism of data distribution on special transactions with operational content in real time based on caching in heterogeneous objects of a distributed network]. *Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya* – Information technologies of modeling and management, vol. 125, No. 3, pp. 216–223. [in Russian].

4. Terekhov D. V., Danilov A. D. (2019). *Obrabotka potokov dannykh v informatsionnykh sistemakh verkhnego urovnya upravleniya protsessami* [Processing of data flows in information systems of the upper level of process management]. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii* – Management systems and information technologies, No. 1 (75), pp. 67–70. [in Russian].

5. Povarov V. P., Bakirov M. B., Danilov A. D. (2017). *Avtomatizirovannaya sistema mnogoparametricheskogo monitoringa parametrov sostoyaniya ehnergeticheskikh ustanovok AEHS* [Automated system for multiparametric monitoring of parameters of the state of NPP power plants]. Voronezh: Scientific Book, 276 p. [in Russian].

6. Povarov V. P., Bakirov M. B., Danilov A. D. (2018). *Obrabotka dannykh v sisteme nepreryvnogo monitoringa ehkspluatatsionnoi povrezhdaemosti kriticheskikh ehlementov ehnergeticheskikh ustanovok* [Data processing in the system of continuous monitoring of operational damage of critical elements of power plants]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* – Bulletin of the Voronezh State Technical University, vol. 14, No. 1, pp. 64–72. [in Russian].

7. Danilov A. D., Terekhov D. V. (2018). *Osobennosti arkhitektury informatsionnoi sistemy real'nogo vremeni* [Features of the architecture of the real-time information system]. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii* – Management systems and information technologies, No. 4 (74), pp. 49–54. [in Russian].

8. GOST R MEHK 60880-2010. *Atomnye ehlektrostantsii. Sistemy kontrolya i upravleniya, vazhnye dlya bezopasnosti. Programmnoe obespechenie komp'yuternykh sistem, vypolnyayushchikh funktsii kategorii A* [GOST R IEC 60880-2010. Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Software aspects for computer-based systems performing category A functions (IDT). IEC 60880:2006]. 2011.

9. GOST R MEHK 62138-2010. *Atomnye ehlektrostantsii. Sistemy kontrolya i upravleniya, vazhnye dlya bezopasnosti. Programmnoe obespechenie komp'yuternykh sistem, vypolnyayushchikh funktsii kategorii B i C* [GOST R IEC 62138-2010. Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Software aspects for computer-based systems performing category B or C functions (IDT). IEC 62138:2004]. 2011.

#### Сведения об авторах

*Самодеевко Александр Александрович*, начальник цеха, филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция» (396072, Воронежская обл., г. Нововоронеж, промышленная зона Южная, д. 1).

*Синюков Денис Сергеевич*, заместитель начальника цеха, филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция» (396072, Воронежская обл., г. Нововоронеж, промышленная зона Южная, д. 1).

*Иванников Антон Андреевич*, начальник участка, филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция» (396072, Воронежская обл., г. Нововоронеж, промышленная зона Южная, д. 1).

#### Authors credentials

*Samodeenko Alexander Alexandrovich*, Head of Department, Novovoronezh NPP branch of Rosenergoatom Concern JSC (1, Yuzhnaya Industrial Zone, Novovoronezh, Voronezh Region, 396072), e-mail: SamodeenkoAA@nvnpp1.rosenergoatom.ru.



*Sinyukov Denis Sergeevich*, Deputy Head of Department, Novovoronezh NPP branch of Rosenergoatom Concern JSC (1, Yuzhnaya Industrial Zone, Novovoronezh, Voronezh Region, 396072), e-mail: SinyukovDS@nvnpp1.rosenergoatom.ru.

*Ivannikov Anton Andreevich*, Head of the Site, Novovoronezh NPP branch of Rosenergoatom Concern JSC (1, Yuzhnaya Industrial Zone, Novovoronezh, Voronezh Region, 396072), e-mail: IvannikovAA@nvnpp1.rosenergoatom.ru.

#### Для цитирования

*Самодеевко А. А., Синюков Д. С., Иванников А. А.* Модернизированная информационно-вычислительная система энергоблока № 4 Нововоронежской АЭС // Ядерная и радиационная безопасность. 2023. № 4 (110). С. 57–65. DOI: 10.26277/ SECNRS.2023.110.4.005.

#### For citation

*Samodeenko A. A., Sinyukov D. S., Ivannikov A. A.* Upgraded information and computing control system of the Novovoronezh NPP unit 4. Nuclear and Radiation Safety Journal, 2023, No. 4 (110), pp. 57–65. [in Russian]. DOI: 10.26277/ SECNRS. 2023.110.4.005.

