

# ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

УДК 659.1

DOI 10.52575/2687-0932-2021-48-4-688-696

## Применение информационно-вычислительных технологий для решения задач мониторинга и управления состоянием энергетического оборудования в ЕЭС России

**Грабчак Е.П., Логинов Е.Л.**

Министерство энергетики Российской Федерации,  
Россия, 107996, г. Москва, ул. Щепкина, д. 42  
E-mail: LoginovEL@minenergo.gov.ru

**Аннотация.** На современном этапе интеграция доступных данных о состоянии оборудования через информационно-вычислительные процедуры мониторинга и управления для решения разнообразных задач эксплуатации и технического обслуживания представляет особую значимость. В связи с недостатком исследований автором рассматриваются подходы к анализу больших объемов разнородных данных о состоянии оборудования при мониторинге энергетических объектов в ЕЭС России путем применения информационно-вычислительных технологий для решения управленческих задач на различных уровнях иерархии энергетических систем, включающих сети интеллектуальных (smart) измерительных датчиков. Обоснована необходимость объединения в ЕЭС России разнородных информационно-вычислительных ресурсов о состоянии оборудования в интегральную межкорпоративную платформу с целью решения проблем управления техобслуживанием и ремонтами оборудования. Сформулированы ключевые этапы и задачи формирования интегральной программной платформы.

**Ключевые слова:** оборудование, мониторинг, данные, обработка информации, распознавание, энергетика.

**Для цитирования:** Грабчак Е.П., Логинов Е.Л. 2021. Применение информационно-вычислительных технологий для решения задач мониторинга и управления состоянием энергетического оборудования в ЕЭС России. Экономика. Информатика. 48(4): 688–696. DOI: 10.52575/2687-0932-2021-48-4-688-696.

## Application of information and computing technologies for solving problems of monitoring and managing the state of power equipment in the UES of Russia

**Evgeniy P. Grabchak, Evgeniy L. Loginov**

Ministry of Energy of the Russian Federation,  
42 Shchepkina St, Moscow, 107996, Russia,  
E-mail: LoginovEL@minenergo.gov.ru

**Abstract.** At the present stage, the integration of available data on the state of equipment through information and computational monitoring and control procedures for solving various problems of operation and maintenance is of particular importance. Due to the lack of research, the author considers approaches to the analysis of large volumes of heterogeneous data on the state of equipment when monitoring energy facilities in the UES of Russia by using information and computing technologies to solve management

problems at various levels of the hierarchy of energy systems, including networks of smart (smart) measuring sensors. The necessity of combining in the UES of Russia heterogeneous information and computing resources on the state of equipment into an integrated intercorporate platform is substantiated in order to solve the problems of equipment maintenance and repair management. The key stages and tasks of the formation of an integrated software platform have been formulated.

**Keywords:** equipment, monitoring, data, information processing, recognition, energy.

**For citation:** Grabchak E.P., Loginov E.L. 2021. Application of information and computing technologies for solving problems of monitoring and managing the state of power equipment in the UES of Russia. *Economy. Computer science.* 48(4): 688–696 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0932-2021-48-4-688-696.

---

## Введение

Создание автоматизированных систем мониторинга работы энергетических объектов, позволяющих выявлять некорректную работу оборудования, требует создания технологий распознавания и синтеза данных о состоянии оборудования, а также механизмов очистки от искаженных данных собранной при помощи различных технических средств цифровой информации о процессах эксплуатации и технического обслуживания [Иванов, 2009; Грабчак, Логинов, 2019].

Накопление огромного количества разнородных данных о состоянии оборудования при мониторинге энергетических объектов в ЕЭС России и широкое применение информационно-вычислительных технологий для решения разнообразных задач эксплуатации и технического обслуживания энергетического оборудования обуславливают необходимость разработки интеллектуальной информационной (программной) платформы [Логинов, 2012; Грабчак, 2018]. Эта платформа должна обеспечить эффективность хранения и обработки данных о состоянии оборудования, их интеграции, извлечения из них полезной информации и генерации на этой основе новых данных [Грабчак, 2020].

### Современные тенденции сбора и обработки данных в энергетике

По данным Минэнерго России, число аварий на объектах топливно-энергетического комплекса в осенне-зимний период 2020–2021 годов выросло до 3925, то есть на 2,3 %.

Основными причинами увеличения количества аварий являются сложные погодные условия, а также износ оборудования.

В осенне-зимний период 2020–2021 годов на 13 % выросло общее количество массовых нарушений электроснабжения потребителей. Среди основных причин роста последствий массовых нарушений электроснабжения потребителей можно выделить высокий износ оборудования объектов электросетевого хозяйства, а также их ненадлежащее техническое обслуживание.

Таким образом, требуется выработка новых организационно-информационных механизмов мониторинга и управления состоянием энергетического оборудования для обеспечения надежности функционирования энергосистемы путем повышения эффективности процессов эксплуатации и технического обслуживания.

Важной задачей здесь является интеграция доступных данных о состоянии оборудования через информационно-вычислительные процедуры, обеспечивающие решение обширного круга проблем на различных уровнях иерархии энергетических систем. Актуальность этой задачи в настоящее время обусловлена имеющим место накоплением огромного количества данных о состоянии оборудования и все более широким применением информационно-вычислительных технологий для решения разнообразных задач эксплуатации и технического обслуживания и возрастающей потребности в интерпретации получаемых результатов, в особенности, при формировании «цифровых двойников»

энергетических объектов и их подсистем, включающих сети интеллектуальных (smart) измерительных датчиков.

В последние годы наметилась тенденция к интеграции информационно-вычислительных ресурсов, предназначенных для решения задач эксплуатации и технического обслуживания, в единые комплексы [Авагян, 2020; Stennikov et al, 2020]. Такие комплексы имеют модульную структуру, при этом выбор отдельных программных модулей осуществляется пользователем [Надгериева, Дзгоев, 2020]. Это позволяет решать комплексные проблемы в рамках общей методологии, но с применением самых современных (на текущий момент) информационных и вычислительных ресурсов, с возможностью гибкого замещения их более новыми базами данных о состоянии оборудования и программами по мере их появления [Voropai N.I. et al, 2020; Voropai, Stennikov, 2020].

Такого рода интеграция осуществляется с использованием специализированных прикладных программ, которые обеспечивают объединение «модулей» в единый комплекс управления техобслуживанием и ремонтами оборудования. Эти программы-интеграторы обеспечивают последовательное «включение» и «отключение» отдельных модулей, обмен входными и выходными данными между отдельными модулями, преобразование данных к необходимым форматам, «понимаемым» конкретными вычислительными модулями, и т. п. Основным же недостатком их можно считать слабые возможности по моделированию сложного технического процесса от начала до конца. Многие программы по сути своей предоставляют «инструмент» для интеграции вычислительных возможностей отдельных модулей в детерминированную последовательность вычислений, причём такая последовательность может иметь существенное ветвление и цепи обратной связи.

Спектр решаемых задач, как правило, сводится к решению информационных задач, задачам системного моделирования и моделирования отдельных технических реакций, в то время как задачи повышения надежности функционирования энергосистемы на основе моделирования функционирования энергетических систем в целом и процессов функционирования системной совокупности объектов они не затрагивают, либо используют методики, базирующиеся на статистических наблюдениях и чисто эмпирических зависимостях, не учитывающих напрямую системные процессы.

Отсюда вытекает необходимость разработки прикладного отечественного программного обеспечения, интегрирующего доступные данные о состоянии оборудования в информационно-вычислительные процедуры, обеспечивающего решение обширного круга задач на различных уровнях иерархии энергетических систем, в особенности при формировании «цифровых двойников» объектов и подсистем, включающих сети интеллектуальных (smart) измерительных датчиков.

### **Подходы к созданию системы высокопроизводительной обработки и интеллектуального анализа данных**

Функционирование энергетики в конечном итоге обусловлено сложной системой взаимодействия отдельных элементов (функциональных узлов оборудования) [Стенников, Головщиков, 2019]. Необходима мониторинговая технология, направленная на выявление максимально широкого спектра данных о состоянии функциональных узлов оборудования воспроизводимых при формировании «цифровых двойников» [Мигранов, Мельников, 2017; Sysak, 2018]. В результате цифрового мониторинга, как правило, идентифицируются сотни и тысячи различных функциональных узлов оборудования (и это ещё не предел, методики и методы компьютерной обработки результатов развиваются стремительно) [Aizenberg, Voropai, 2019]. Возникает задача – достоверно определить состояние этих функциональных узлов оборудования в известных генерирующих или энерготранспортных схемах, структурных системах, а возможно и в ещё не описанных подсистемах [Папков, 2021].

В ряде случаев данная задача может быть решена путем сплошного просмотра специализированных баз данных о динамике состояния функциональных узлов

оборудования или путем анализа параметров работы, зафиксированных именно при сбоях в работе функциональных узлов оборудования. Однако ознакомление со всеми накопленными данными для десятков и сотен тысяч функциональных узлов оборудования неэффективно, т. к. занимает длительное время и не всегда приводит к объективным результатам. Таким образом, существует необходимость создания средств анализа, предназначенных для автоматической обработки получаемых в ходе мониторинга данных о состоянии оборудования. Создание подобного программного продукта как элемента декларируемой платформы, так и в виде самостоятельного приложения позволит автоматизировать поиск данных, в явной или неявной форме свидетельствующих об угрожающих параметрах состояния оборудования в ретроспективе и получить обобщенное представление об эффективности техобслуживания и ремонта оборудования, а также может выявить взаимосвязанные группы функциональных узлов оборудования для которых связь достоверно пока не установлена. Для удобства, взаимосвязанные функциональные узлы оборудования лучше представлять в виде семантической сети, т. е. графа, узлами которого являются сигналы о корректности работы функциональных узлов оборудования, а ребрами – найденные взаимосвязи между параметрами работы этих функциональных узлов оборудования.

Повышение уровня автоматизации труда инженеров при управлении техобслуживанием и ремонтами оборудования будет достигнуто благодаря интеграции различных пакетов обработки на основе базы данных, позволяющей найти необходимый метод по свойствам входных данных о состоянии оборудования в зависимости от цели исследования, интуитивному интерфейсу создания и многократного использования многоступенчатых сценариев. Разработка проблемно-ориентированных методов и реализация всех методов обработки данных, необходимых для извлечения количественной информации, в рамках открытой архитектуры позволит максимально использовать любые вычислительные мощности, в том числе высокопроизводительные, высокодоступные кластеры.

### **Ключевые этапы и задачи формирования программной платформы в ЕЭС России**

I. В ходе подготовительного этапа реализации программной платформы основное внимание следует уделить решению следующих задач:

- систематизации задач управления техобслуживанием и ремонтами оборудования, для решения которых используются информационно-вычислительные методы;
- инвентаризации доступных в настоящее время баз данных о состоянии оборудования и компьютерных программ, используемых для решения задач управления техобслуживанием и ремонтами оборудования;
- идентификации комплексных проблем и определению оптимальных путей объединения в ЕЭС России разнородных информационно-вычислительных ресурсов о состоянии оборудования в интегральную межкорпоративную платформу с целью решения проблем управления техобслуживанием и ремонтами оборудования;
- выбору и адаптации алгоритмов расчетов.

II. На основном этапе реализации программной платформы:

- созданию прототипа интегральной программной платформы, способной работать в системах распределённых вычислений, в том числе на системах с нетрадиционной архитектурой;
- разработке интерфейса прикладного программирования, позволяющего интегрировать в состав платформы сторонние приложения, а также другие программные разработки;
- демонстрации возможностей программной платформы на примере решения нескольких конкретных задач, например, качественного и количественного анализа данных о состоянии оборудования, получаемых от автоматических систем измерения протекающих

процессов с возможностью анализа последствий интеграции информационных, телекоммуникационных и телеметрических сервисов;

- разработке технической документации на единую универсальную прикладную программную межкорпоративную платформу, интегрирующую имеющиеся данные и информационно-вычислительные процедуры.

III. При создании экспертной системы распознавания взаимосвязанных функциональных узлов оборудования:

- создать автоматизированную систему анализа данных о состоянии оборудования, получаемых от автоматических систем измерения протекающих процессов и комплементарную к ней систему хранения полученной информации с использованием выбранной СУБД;

- адаптировать систему анализа для работы в системе распределённых вычислений;

- создать интерактивную систему представления результатов в визуализированном виде, для анализа пользователем-экспертом;

- интегрировать разработанные модули в структуру общей программной платформы;

- провести адаптацию системы для анализа любых технических объектов (помимо функциональных узлов оборудования);

- выполнить средствами созданного программного продукта реальную задачу автоматического построения аналитической матрицы для нескольких групп функциональных узлов оборудования.

IV. При создании базы эталонных сигналов о состоянии оборудования для исследования структурно-функциональных взаимоотношений:

- провести анализ существующих баз данных и хранилищ информации;

- разработать алгоритмы валидации и формализации распознанных сигналов о состоянии оборудования для дальнейшего включения в базу данных;

- разработать требования к базе эталонных сигналов о состоянии оборудования;

- разработать методы, модели и программные средства автоматической обработки и идентификации функциональных узлов оборудования;

- разработать пользовательский интерфейс для доступа к базе эталонных сигналов о состоянии оборудования;

- интегрировать созданный продукт в единую программную межкорпоративную платформу.

V. При создании системы высокопроизводительной обработки и интеллектуального анализа больших и сверхбольших объемов данных, поступающих от технических объектов для повышения уровня автоматизации обработки и анализа данных о состоянии оборудования, получаемых от автоматических систем измерения протекающих процессов:

- разработать методы извлечения требуемых характеристик из данных, получаемых с помощью мониторинга работы оборудования. В число таких характеристик должны входить идентификация и пространственная локализация функциональных узлов оборудования, оценка устойчивости режимов и перемещения элементов внутри объекта и т. д.

- разработать специальные методы коррекции данных для снижения эффектов, связанных с наличием искажений и артефактов;

- разработать систему обработки и хранения большого числа отдельных данных большого размера (в высоком разрешении);

- создать систему высокопроизводительной обработки и интеллектуального анализа больших и сверхбольших объемов данных о состоянии оборудования, поступающих от технических объектов, включающую полный набор методов по извлечению высокоточной количественной информации;

- создать онтологии методов обработки данных и построить на ее основе базы данных методов и их реализаций в различных пакетах, что приведет к повышению скорости работы

системы за счет возможности поиска необходимого метода и реализации по свойствам входных данных о состоянии оборудования в зависимости от цели исследования;

– разработать методы улучшения качества данных, реализующие оценивание и коррекцию ошибок в распознанных данных;

– подготовить и протестировать библиотеку типовых сценариев для обеспечения надежности работы суперсистемы (ЕЭС России) исходя из различных вариантов эксплуатации и технического обслуживания оборудования.

Необходимость подобной работы обусловлена как динамичностью развития методов и программного обеспечения, количества доступных данных, так и в немалой степени неопределенностью, какие из существующих на настоящее время (с учетом приоритетов импортозамещения) алгоритмов и готового программного обеспечения адекватно решают поставленные задачи и могут быть использованы сами по себе, а какие требуют дополнительной разработки [Соловьев, 2018; Двойнишников, 2019; Никандров, 2019]. Кроме того, несмотря на многочисленные публикации по сопоставлению программного обеспечения, реальные выводы можно делать только на конкретных задачах, на решение которых будет ориентирована создаваемая программная межкорпоративная платформа.

### Заключение

Интеграция программного обеспечения с инфраструктурой центров управления сетями в ЕЭС России, объединяющих оборудование и значительные вычислительные мощности, позволит повысить качество обработки данных о состоянии оборудования и сократить время получения необходимых результатов при управлении техобслуживанием и ремонтами оборудования. Таким образом, создание системы высокопроизводительной обработки и интеллектуального анализа данных в ЕЭС России целесообразно не только в силу значительной экономии финансовых затрат на покупку программных пакетов и перспективности разработки с точки зрения коммерциализации, но и из-за превосходства предлагаемой системы по важным показателям над существующим программным обеспечением.

Предлагаемые решения могут использоваться для автоматического контроля за работой энергетического оборудования в ЕЭС России [Поликарпов, 2020; Краснов и др. 2021].

В конечном итоге можно будет добиться серьезного импортозамещения зарубежной продукции на отечественном рынке в энергетике, не говоря уже об удовлетворении государственных потребностей в программных продуктах такого класса.

### Список литературы

1. Авагян С.К. 2020. Метод и средства повышения точности измерений электрической энергии, реализуемых с помощью измерительных систем. Наука, техника и образование, 68 (4): 54–57.
2. Грабчак Е.П., Логинов Е.Л. 2019. Цифровые подходы к управлению объектами электро- и теплоэнергетики с применением интеллектуальных киберфизических систем. Надежность и безопасность энергетики, 3: 172–176.
3. Грабчак Е.П. 2020. Управляемая кластеризация и самовосстановление работы информационных систем в электро- и теплоэнергетике в условиях каскадных аварийных ситуаций. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 1: 133–138.
4. Грабчак Е.П. 2018. Цифровая трансформация электроэнергетики. Основные подходы. Энергия единой сети, 40 (4): 12–26.
5. Двойнишников Н.Э. 2019. Технологические особенности проблем обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем управления, являющихся объектами критической информационной инфраструктуры. Международный журнал прикладных наук и технологий Integral, 1: 11.
6. Иванов С.Н. 2009. Энергосбережение: проблемы достижения энергоэффективности. М., НИЭБ, 329.

7. Краснов А.Н. и др. 2021. Информационная безопасность передачи данных в условиях ограниченного энергопотребления. Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, 572 (3): 27–34.
8. Логинов Е.Л. 2012. Интеллектуальная электроэнергетика: новый формат интегрированного управления в единой энергетической системе России. Национальные интересы: приоритеты и безопасность, 170 (29): 28–32.
9. Мигранов М.М., Мельников А.В. 2017. Большие данные в электроэнергетике. Обзор программных решений. Электроэнергия. Передача и распределение, 43 (4): 60–64.
10. Надгериева Д.А., Дзгоев А.Э. 2020. Обработка информации о количестве неисправностей электроэнергетических систем с применением регрессионного анализа, Инженерные решения, 16 (6): 18–23.
11. Никандров М.В., Селезнев М.И. 2019. Аспекты обеспечения информационной безопасности локально-вычислительных сетей цифровых подстанций, Релейщик, 34 (2): 44–46.
12. Папков Б.В. 2021. Об оценке сложности систем электроэнергетики. Энергетик, 1: 6–10.
13. Поликарпов А.А. 2020. Применение устройств однонаправленной передачи данных для защиты узлов автоматизированной системы в соответствии с требованиями по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры. ИТ-Стандарт, 22 (1): 42–45.
14. Соловьев С.В., Бутрик Е.Е. 2018. Подход к определению актуальных угроз безопасности информации в автоматизированных системах управления технологическими процессами с применением банка данных угроз безопасности информации ФСТЭК России. Информация и безопасность, 2: 203–210.
15. Стенников В.А., Головщиков В.О. 2019. Непродуманная цифровизация электроэнергетики может привести к угрозам энергетической безопасности России. Энергетик, 12: 3–6.
16. Aizenberg N., Voropai N. 2019. The interaction of consumers and load serving entity to manage electricity consumption. Communications in Computer and Information Science. (1090 CCIS): 147–162.
17. Stennikov V.A. et al. 2020. Application of digital technologies for expansion planning of integrated energy systems. E3S Web of Conferences. ENERGY-21 – Sustainable Development & Smart Management: electronic edition. C. 02003.
18. Sysak R.M. 2018. Optimization of software for autonomous measuring modules of distributed diagnostic systems. Technical Electrodynamics, 3: 90–96.
19. Voropai N.I. et al. 2020. Some generalizations of an analysis of 2016–2017 blackouts in the unified energy system of Russia. Energy Systems Research, 10 (2): 5–12.
20. Voropai N.I., Stennikov V.A. 2020. Infrastructural cyber-physical energy systems: transformations, challenges, future appearance. Energy Systems Research, 11 (3): 18–29.

## References

1. Avagjan S.K. 2020. Metod i sredstva povyshenija tochnosti izmerenij jelektricheskoj jenerгии, realizuemyh s pomoshh'ju izmeritel'nyh sistem [Method and means of increasing the accuracy of measurements of electrical energy realized with the help of measuring systems]. Nauka, tehnika i obrazovanie, 68 (4): 54–57. (in Russian)
2. Grabchak E.P., Loginov E.L. 2019. Cifrovye podhody k upravleniju ob#ektami jelektro- i teplojenergetiki s primeneniem intellektual'nyh kiberfizicheskikh sistem [Digital approaches to the management of electric and thermal power facilities using intelligent cyber-physical systems]. Nadezhnost' i bezopasnost' jenergetiki, 3: 172–176. (in Russian)
3. Grabchak E.P. 2020. Upravljaemaja klasterizacija i samovosstanovlenie raboty informacionnyh sistem v jelektro- i teplojenergetike v uslovijah kaskadnyh avarijnyh situacij [Управляемая кластеризация и самовосстановление работы информационных систем в электро- и теплоэнергетике в условиях каскадных аварийных ситуаций]. Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij, 1: 133–138. (in Russian)
4. Grabchak E.P. 2018. Cifrovaja transformacija jelektrojenergetiki. Osnovnye podhody [Digital transformation of the electric power industry. Basic approaches]. Jenerгija edinoj seti, 40 (4): 12–26. (in Russian)
5. Dvojnishnikov N. Je. 2019. Tehnologicheskie osobennosti problem obespechenija informacionnoj bezopasnosti avtomatizirovannyh sistem upravlenija, javljajushhihsja ob#ektami kriticheskoj informacionnoj infrastruktury [Technological features of the problems of ensuring information security of automated control

systems that are objects of critical information infrastructure]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tehnologij Integral*, 1: 11. (in Russian)

6. Ivanov S.N. 2009. Jenergosberezhenie: problemy dostizhenija jenergojeffektivnosti [Energy saving problems of achieving energy efficiency]. *M., NIJeB*, 329. (in Russian)

7. Krasnov A.N. i dr. 2021. Informacionnaja bezopasnost' peredachi dannyh v uslovijah ogranichenogo jenergotreblenija [Information security of data transmission in conditions of limited energy consumption]. *Avtomatizacija, telemehanizacija i svjaz' v nefjtanoj promyshlennosti*, 572 (3): 27–34. (in Russian)

8. Loginov E.L. 2012. Intellektual'naja jelektrojenergetika: novyj format integrirovannogo upravlenija v edinoj jenergeticheskoj sisteme Rossii [Intelligent electric power industry: a new format of integrated management in the Unified Energy System of Russia]. *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'*, 170 (29): 28–32. (in Russian)

9. Migranov M.M., Mel'nikov A.V. 2017. Bol'shie dannye v jelektrojenergetike. Obzor programmnyh reshenij [Big data in the electric power industry. Overview of software solutions]. *Jelektrojenergija. Peredacha i raspredelenie*, 43 (4): 60–64. (in Russian)

10. Nadgerieva D.A., Dzgoev A.Je. 2020. Obrabotka informacii o kolichestve neispravnostej jelektrojenergeticheskikh sistem s primeneniem regressionnogo analiza [Processing of information on the number of failures of electric power systems using regression analysis]. *Inzhenernye reshenija*, 16 (6): 18–23. (in Russian)

11. Nikandrov M.V., Seleznev M.I. 2019. Aspekty obespechenija informacionnoj bezopasnosti lokal'no-vychislitel'nyh setej cifrovych podstancij [Aspects of ensuring information security of local computer networks of digital substations]. *Relejsnik*, 34 (2): 44–46. (in Russian)

12. Papkov B.V. 2021. Ob ocenke slozhnosti sistem jelektrojenergetiki [On the assessment of the complexity of electric power systems]. *Jenergetik*, 1: 6–10. (in Russian)

13. Polikarpov A.A. 2020. Primenenie ustrojstv odnonapravlnnoj peredachi dannyh dlja zashhity uzlov avtomatizirovannoj sistemy v sootvetstvii s trebovanijami po obespecheniju bezopasnosti znachimyh ob#ektov kriticheskoj informacionnoj infrastruktury [The use of unidirectional data transmission devices to protect the nodes of an automated system in accordance with the requirements for ensuring the security of significant objects of critical information infrastructure]. *IT-Standart*, 22 (1): 42–45. (in Russian)

14. Solov'ev S.V., Butrik E.E. 2018. Podhod k opredeleniju aktual'nyh ugroz bezopasnosti informacii v avtomatizirovannyh sistemah upravlenija tehnologicheskimi processami s primeneniem banka dannyh ugroz bezopasnosti informacii FSTJeK Rossii [An Approach to Identifying Current Threats to Information Security in Automated Process Control Systems using the data bank of Information Security Threats of the FSTEC of Russia]. *Informacija i bezopasnost'*, 2: 203–210. (in Russian)

15. Stennikov V.A., Golovshhikov V.O. 2019. Neprodumannaja cifrovizacija jelektrojenergetiki mozhet privesti k ugrozam jenergeticheskoj bezopasnosti Rossii [Непродуманная цифровизация электроэнергетики может привести к угрозам энергетической безопасности России]. *Jenergetik*, 12: 3–6. (in Russian)

16. Aizenberg N., Voropai N. 2019. The interaction of consumers and load serving entity to manage electricity consumption. *Communications in Computer and Information Science*. (1090 CCIS): 147–162.

17. Stennikov V.A. et al. 2020. Application of digital technologies for expansion planning of integrated energy systems. *E3S Web of Conferences. ENERGY-21 – Sustainable Development & Smart Management: electronic edition*. C. 02003.

18. Sysak R.M. 2018. Optimization of software for autonomous measuring modules of distributed diagnostic systems. *Technical Electrodynamics*, 3: 90–96.

19. Voropai N.I. et al. 2020. Some generalizations of an analysis of 2016–2017 blackouts in the unified energy system of Russia. *Energy Systems Research*, 10 (2): 5–12.

20. Voropai N.I., Stennikov V.A. 2020. Infrastructural cyber-physical energy systems: transformations, challenges, future appearance. *Energy Systems Research*, 11 (3): 18–29.

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.





## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Грабчак Евгений Петрович**, кандидат экономических наук, Заместитель Министра энергетики Российской Федерации, г. Москва, Россия

**Логинов Евгений Леонидович**, доктор экономических наук, профессор РАН, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, начальник экспертно-аналитической службы Ситуационно-аналитического центра Минэнерго России, г. Москва, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Evgeny P. Grabchak**, Ph.D. in Economics, Deputy Minister of Energy of the Russian Federation, Moscow, Russia

**Evgeniy L. Loginov**, Doctor of Economic Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, twice winner of the RF Government Prize in the field of science and technology, Head of the Expert and Analytical Service of the Situation-Analytical Center of the Ministry of Energy of Russia, Moscow, Russia