

URL: – [https://aoanhk.rosneft.ru/Investors/state\\_ments\\_and\\_presentations/annual\\_reports/](https://aoanhk.rosneft.ru/Investors/state_ments_and_presentations/annual_reports/)

11. **Осин И.Л., Шакарян Ю.Г.** Электрические машины. М.: Высш. шк., 1990. 304 с.

12. **Rusanov V.A., Antonova L.V., Daneev A.V.** Inverse problem of nonlinear systems analysis: a behavioral approach // *Advances in Differential Equations and Control Processes*. 2012. Vol. 10. No 2. P. 69–88.

13. **Kircher R., Klühspies J., Palka R.** et al. Electromagnetic Fields Related to High Speed Transportation Systems // *Transportation Systems and Technology*. 2018. No. 4(2). Pp. 152–166.

14. Примеры анализа и расчетов режимов электропередач, имеющих автоматическое регулирование и управление / Н.Д. Анисимова, В.А. Веников, В.В. Ежков [и др.]. М.: Высшая школа, 1967. 297 с.

15. **Батунер Л.М., Позин М.Е.** Математические методы в химической технике. Л.: Химия. 1968. 823 с.

16. **Бальчугов А.В., Бадеников А.В.** Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента. Учебное пособие с грифом УМО, Ангарск. АНГТУ. 2021. 179 с.

17. Качество электрической энергии: современное состояние, проблемы и предложения по их решению / отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука, 2017. 219 с.

18. **Тран Динь Лонг.** Справочник по качеству электрической энергии. Ханой: Изд-во Ханойского Политехника, 2013.

19. Гидротранспортные топливно-энергетические комплексы / В.И. Мурко, А.К. Джундубаев, М.П. Баранова и др. Красноярск: СФУ, 2015. 250 с.

УДК 621.311

*Засухина Ольга Александровна,*

*доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: olga\_a\_z@mail.ru*

**Ершов Егор Витальевич,**

*обучающийся группы ЭЭ-20-1,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: egormp3@mail.ru*

**Головатюков Леонид Константинович,**

*обучающийся группы ЭЭ-22-1,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: leonid.golovatiukov@mail.ru*

**Шитенков Григорий Александрович,**

*обучающийся группы ЭЭ-22-1,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: gregoryshitenkov@yandex.ruru*

## БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ (BIG DATA) В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

*Zasukhina O.A., Ershov E.V., Golovatiukov L.K., Shitenkov G.A.*

### BIG DATA IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY SECTION

**Аннотация.** Рассмотрены перспективы использования технологии больших данных (big data) в области электроэнергетики в России и какие барьеры необходимо преодолеть, чтобы успешно их использовать.

**Ключевые слова:** большие данные, качество электроэнергии, общеэкономический эффект, технологический прорыв, дата-центры.

**Abstract.** The prospects of using big data technology in the field of electric power industry in Russia and what barriers need to be overcome in order to successfully use them are considered.

**Keywords:** big data, electricity quality, general economic effect, technological breakthrough, data centers.

В 2006 году математик Клайв Хамби высказал, пожалуй, один из ключевых тезисов

XXI века: «Данные — это новая нефть. Как и нефть, они ценны, но не сами по себе,

а благодаря продуктам на их основе. Данные должны быть обработаны, проанализированы для того, чтобы извлечь из них ценность, повысить рентабельность бизнеса».

В России основную прибыль из бизнес-аналитики и обработки больших данных (big data) традиционно извлекали телекоммуникационные компании, банки, ретейл. Вместе с тем мир промышленных решений и производства технического оборудования существовал независимо от мира аналитики.

Однако большие данные называют одной из сквозных технологий: эффект от их применения пронизывает экономику насквозь. Промышленные компании генерируют колоссальное количество информации, которую при грамотной обработке и аналитике можно использовать для развития бизнеса и повышения его эффективности. Энергетический сектор не исключение [1].

Согласно прогнозам International Data Corporation (IDC) — международной исследовательской и консалтинговой компании, основанной в 1964 году и занимающейся изучением мирового рынка, общий объем мирового рынка технологий обработки больших данных и бизнес-аналитики будет ежегодно расти на 13,2% и к концу 2022 года составит 20,3 трлн. руб. Объем российского рынка, по разным оценкам, составляет от 10 до 30 млрд. руб. Однако Ассоциация больших данных прогнозирует его рост до 300 млрд руб. к 2024 году. Общеэкономический эффект от обработки и анализа больших данных может составить 1,5% ВВП России.

Большие данные — это такие типы данных, которые слишком велики или слишком сложны для традиционных аналитических приложений и инструментов [2]. Их можно определить по характеристикам: большой объем, высокая скорость изменения или большое разнообразие типов. Технологический стек программных инструментов позволяет анализировать такие данные и извлекать из них прибыль. В основе этих инструментов лежат нейросетевые алгоритмы, способные обрабатывать информацию вне зависимости от ее объема, количества, источников трафика (интернет вещей — это множество физических объектов, подключенных к интернету и обменивающихся данными (Internet of Things (IoT), искусственный интеллект (ИИ), мобильные сети) и структуры. Алгоритмы включают в себя целый набор техник, направленных на:

- извлечение информации из разных источников;
- обеспечение ее качества;
- преобразование ее в единый формат;
- загрузку в хранилище — «аналитическую песочницу» (Analytic Sandbox) или «озеро данных» (Data Lake).

Результатом аналитики могут быть отчеты, дашборды, математические модели и другие визуально оформленные форматы. Подобная аналитика позволяет принимать верные управленческие решения, а в перспективе — выбирать оптимальный путь для развития предприятия.

Многочисленные проекты по использованию больших данных для получения аналитических результатов имеют, как правило, много общего в составе и порядке выполнения. Эксперты выделяют типовой жизненный цикл таких проектов, отмечая цикличность их развития.

На рисунке 1 приведена диаграмма жизненного цикла проекта аналитики больших данных.



Рисунок 1 - Диаграмма жизненного цикла проекта аналитики больших данных

В настоящее время электроэнергетические системы модернизируются и развиваются на основе концепции глубокой интеграции электроэнергетических сетей (Power Grid) и сетей компьютерных или как их называют инфокоммуникационных (Network) [1]. При этом оба вида сетей не просто развиваются и обогащаются новыми функциональными элементами и протоколами взаимодействия, а порождают глубокий синергетический эффект, связанный с невиданными ранее возможностями анализа состояния целой огромной энергосистемы в реальном времени, прогнозирования процессов в ней,

интерактивного взаимодействия с клиентами и управления оборудованием. Такая концепция получила название Smart Grid – интеллектуальная энергосеть. Общую функционально–технологическую идеологию этой концепции, отражает сформулированное институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE) определение SmartGrid как концепции полностью интегрированной, саморегулирующейся и самовосстанавливающейся электроэнергетической системы, имеющей сетевую топологию и включающей в себя все генерирующие источники, магистральные и распределительные сети и все виды потребителей электрической энергии, управляемые единой сетью информационно-управляющих устройств и систем в режиме реального времени.

Концептуально, Smart Grid обычно иллюстрируют картиной, подобной изображенной на рисунке 2.

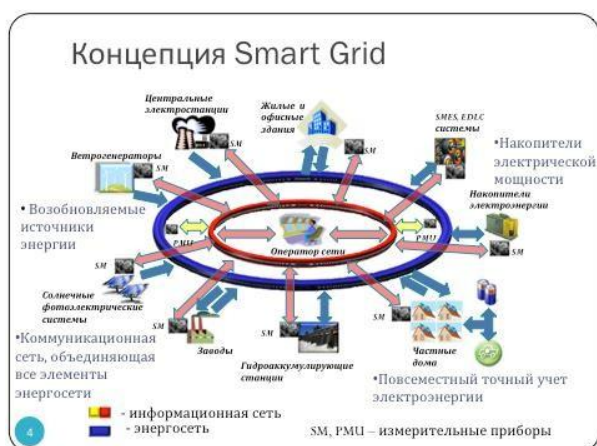


Рисунок 2 - Smart Grid как объединяющая инфраструктура электроэнергетики

Все системы, предназначенные для обработки данных в энергосетях, как правило основаны на сборе информации от многочисленных (миллионов) измерителей в том числе интеллектуальных приборов учета потребителей (Smart Meters), промышленных приборов и автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). Также теперь это всевозможные сенсоры на оборудовании энергосети, отражающие работу и состояние оборудования, сенсоры и информационные системы погодных условий и климата. Ввиду исключительно больших объемов обрабатываемых данных, их разнообразия по форме и семантике, требований к оперативной и целостной их обработки, компьютерные системы, дающие возможность

impleментировать новые функции в энергосети и энергосистемы, относятся к категории big data (больших данных).

В энергетике на основе big data можно строить прогнозы и предиктивные модели. Качество и точность таких прогнозов будут высоки, так как поле анализируемых данных будет шире и позволит принимать во внимание факторы, которые ранее не учитывались, но на самом деле косвенно влияют на результат.

На предприятиях энергетического сектора очень многие аспекты деятельности подпадают под нормы и регламенты. Плановое обслуживание оборудования в соответствии с ними, как правило, приносит свои плоды в виде высокой степени надежности его работы, но одновременно ведет к значительным затратам. Согласно регламенту, необходимо в определенные интервалы времени заменять детали или даже целые рабочие узлы механизмов, которые по факту еще не выработали свой ресурс.

К примеру, мониторинг состояния оборудования в непрерывном режиме позволит не только моментально оповестить об аварии, но и предотвратить ее. Проанализировав собранные данные, можно сократить издержки на реализацию планово-предупредительной ремонтной стратегии. Сейчас в рамках ремонтных работ зачастую меняются узлы и агрегаты, чей потенциал еще не исчерпан.

Использование технологий big data позволит спрогнозировать выход оборудования из строя, оптимизировать энергопотребление для снижения пиковых нагрузок, запланировать новые мощности и рассчитать прогнозируемые объемы энергопотребления.

При применении больших данных появляется возможность в моменте отслеживать параметры «жизнеспособности» оборудования, прогнозировать риски и обслуживать его, основываясь на реальном состоянии. Такой подход позволяет снизить количество и продолжительность аварийных остановок производства, увеличить межремонтные интервалы и закономерно сэкономить бюджет. И это только малая часть возможностей big data для энергетики.

В перспективе использование этой технологии способно:

- создавать эффективные прогнозы динамики потребления электроэнергии произ-

водствами и лучше справляться с пиковыми нагрузками на сети;

- предоставлять аналитику по должникам на основе релевантных факторов и в результате повышать эффективность производств через персонализированные подходы к работе с дебиторской задолженностью;
- помогать своевременно выявлять потери электроэнергии как в сетях, так и у розничных потребителей;
- проводить мониторинг высоковольтных линий и принимать соответствующие меры;
- повышать экономическую эффективность работы на оптовом рынке электроэнергии, качественнее управляя стоимостью контрактов;
- прогнозировать востребованность в дополнительных сервисах для клиентов энергосбытовых компаний;
- эффективно планировать затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования.

Для успешного внедрения технологий анализа big data в энергетические системы необходимо, чтобы сбор, передача и управление данными также претерпели изменения. Для этого необходимо преодолеть ряд барьеров в энергоотрасли.

#### 1. Барьер «выбрасываемых» данных.

Традиционный подход к управлению данными электроэнергетических систем охватывает только самую важную информацию, которая необходима в краткосрочной перспективе для контроля и наблюдения за узким стеком операций. Однако аналитика больших данных (Big Data Analytics) предполагает «обогащение» даже тех данных, которые собираются не ради определенных целей. Например, разрабатываются алгоритмы для диагностики неисправностей высоковольтных электрических сетей и коммутационных аппаратов. Соответственно, несмотря на то что эти показатели не собирались изначально для подобных задач, использование big data позволяет найти им применение при решении конкретных проблем, в том числе при устранении «зарождающейся» неисправности — задолго до того, как она приведет к выходу оборудования из строя.

2. Барьер сосуществования централизованного и распределенного управления данными.

Общий подход к аналитике больших данных во многих сегментах заключается в

переходе от централизованного управления данными к распределенному. Цель такого перехода — снижение затрат и накладных расходов на интеграцию данных и систем. На первый взгляд может показаться, что это хорошо вписывается в контекст энергосистем, так как данные в энергосистемах естественным образом распределены географически. Однако как минимум в перспективе 10–15 лет уход от централизованного управления данными в российской энергетике не представляется ни возможным, ни эффективным. Таким образом, важны баланс и координация между существующими централизованными и будущими распределенными архитектурами управления данными.

3. Барьер разрозненности и доступа к данным.

Доступ к информации — это по-прежнему одна из самых больших проблем для аналитиков в энергетическом секторе. Разрозненные и фрагментированные данные, к которым излишне ограничен доступ, служат барьерами для развития аналитики больших данных. Разные подразделения могут не иметь доступа к данным друг друга. Отчасти это связано со структурными недостатками и отсутствием мотивации делиться информацией. В то же время энергосистемы — это критическая инфраструктура. Их бесперебойная работа важна в целях обеспечения стратегической безопасности, поэтому вопрос доступа к данным неизбежно сталкивается с приоритетами кибербезопасности. До тех пор, пока отрасль энергетике не сможет преодолеть барьер изолированности различных систем хранения данных и доступа к ним, внедрение big data будет точечным.

#### 4. Инфраструктурный барьер.

Объем и сложность обрабатываемых данных будут расти, для их накопления и сохранения потребуется соответствующий плацдарм, который обеспечивают центры обработки данных (ЦОДы). Однако пока строительство дата-центров в энергетике протекает не очень активно. Это может затруднить внедрение и использование big data.

#### 5. Излишний консерватизм.

Применение big data в энергетике сдерживают устаревшее оборудование и финансовые затраты на внедрение новых цифровых технологий. В отрасли ощущается дефицит высококвалифицированных кадров, способных установить и поддерживать ки-

бербезопасность цифровой сети. Многие компании не готовы быть «локомотивами» цифровизации и ожидают появления успешных кейсов, реализованных в других компаниях, которые можно применить в своей деятельности и быть уверенными в результате.

Однако, применение big data способно дать толчок для совершения технологических прорывов в отрасли. В дальнейшем благодаря ему и искусственному интеллекту возможно будет реализовать автоматизированную разработку и проектирование оборудования при помощи математических моделей, задать потокам данных логику построения и собрать цифровой двойник предприятия. На таком двойнике будет возможно проводить виртуальные испытания и тестировать нововведения без риска остановки «физической» версии бизнеса [3].

Отрасль энергетики пока настроена по отношению к big data осторожно. Это объяснимо, так как это новые для рынка технологии, и производства функционируют по годами проверенным и утвержденным нормам и регламентам.

Однако, будут запущены проекты с применением больших данных, которые послужат залогом дальнейшего развития и конкурентоспособности. Это технология будущего и один из ключевых элементов четвертой промышленной революции и цифровой экономики. Технологии big data уже обладают высокой степенью зрелости и широким спектром примеров внедрений в энергетике и смежных отраслях. И чем раньше энергетики начнут накапливать данные, тем больше конкурентных преимуществ они получат в будущем.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Крылов. В.В., Крылов С.В.** Большие данные и их приложения в электроэнергетике. От бизнес-аналитики до виртуальных электростанций. М.: Нобель-Пресс, 2014. 166 с.

2. **Черняк Л.** Большие данные – новая теория и практика // Эксперт, 2013, URL:

[//www.osp.ru/os/2011/13010990](http://www.osp.ru/os/2011/13010990).

3. **Майер-Шенбергер В., Кукьер К.:** Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим. Пер. с англ. Инны Гайдюк. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. 240 с.