

зы» и побуждает к образованию и развитию. Тогда почему сегодня современные «архитекторы» зачастую пытаются разрушить то, что побуждало ранее желание и учиться, и изучать, и творить? Думается, они полагают, что «старое» уже не настолько функциональное, как «новое». Хотя именно «старое» мотивирует их самих развиваться и совершенствоваться. Тогда, может, есть смысл поддерживать тот стиль города, который был заложен изначально, для будущего поколения? Смысл определенно есть. Ведь, сохраняя архитектуру, мы передаем последователям дух «старого» Петербурга, а вместе с этим желание учиться и развиваться. Недаром Санкт-Петербург, начиная с момента его зарождения, носит статус культурной столицы России. Статус образовательного города, города молодых ученых. А если задуматься, то все что окружает в нем, все содействует тому, что бы люди развивались и учились. Город и его стиль побуждают к этому. Именно «старый» стиль. Потому что, гуляя по «старому» городу, начинаешь испытывать внутренний подъем, задумываться над общими проблемами, искать решения этих проблем, возникает желание учиться, и мы начинаем искать места, где эти знания можно получить. Недаром Санкт-Петербург насчитывает огромное количество университетов, колледжей и лицеев. Все это показатель того, что город является благотворной средой для развития науки и образования.

Всё вышеперечисленное приводит к выводу, что Санкт-Петербург – это особый город, побуждающий своей архитектурой, стилистикой, темпом жизни, и творческой атмосферой к развитию личности. Побуждает он не благоприятным климатом или погодными условиями, а своим особенным сущностным колоритом. Именно поэтому важнейшей задачей современников является сохранение исторического духа Санкт-Петербурга и передача его будущему поколению в первозданном виде, чтобы для них всегда оставалась мотивация поднимать завесу «прошлого» и открывать новые горизонты «будущего».

#### Список использованных источников

1. Иконников А.В. Большая Советская Энциклопедия [Текст] / А.В. Иконников; гл. ред. А.М. Прохоров – 3-е изд. – М.: Советская Энциклопедия, 1970. – С. 296-302.
2. Citywalls.ru [Электронный ресурс] – Санкт-Петербург, 2007-2018. – Режим доступа: [http://www.citywalls.ru/select\\_archstyle.html](http://www.citywalls.ru/select_archstyle.html)
3. Профкомпетентность учителя [Электронный ресурс]: методическая работа учителя. – Электрон. текстовые дан. – 2012-2018. – Режим доступа: <http://profmethodist.ru/25-obrazovanie-kak-sferagosudarstvennoy-politiki-v-period-petrovskih-reform.html>
4. ЗакС.ру [Электронный ресурс]: политическая жизнь Северо-Запада, 2002-2018. – Режим доступа: <https://www.zaks.ru/new/archive/view/47026>

УДК 621.31

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБОРУДОВАНИЯ

*Булдыско А.Д., Жуковский Ю.Л.  
Санкт-Петербургский горный университет*

**Цель работы.** В данной работе рассматривается роль информационных технологий, таких как «цифровой двойник» и «цифровая тень» в промышленности с целью применения их для управления жизненным циклом промышленного оборудования.

**Введение.** На сегодняшний день задачу повышения производительности сменил фокус на повышение эффективности производства, одним из направлений повышения эффективности является грамотная организация технического обслуживания и ремонта (ТОиР) оборудования [1], и важность создания продуктов и услуг в этой области особенно подчеркивается в указе президента РФ «О Стратегии научно-технологического развития РФ».

Техническое обслуживание представляет собой комплекс операций по поддержанию работоспособного состояния оборудования и снижению уровня изнашивания изделия. В нефтегазовой и горнодобывающей отраслях для обнаружения дефектов оборудования используются консервативные методы технического обслуживания:

- по времени (межремонтный цикл задан как календарный промежуток; слабо коррелирует с фактическим состоянием ЭМО);
- по наработке (машино-часы, объем продукции, пробег и т.д.);
- по состоянию (очередной ремонт необходим при достижении определенных параметров).

Традиционные методы ТОиР [2], связанные с остановкой процесса, влекут за собой серьезные затраты. Еще больший ущерб наносят аварийные ситуации, связанные с износом оборудования [3]; процент изношенности оборудования в отрасли добычи полезных ископаемых на сегодняшний день составляет 57% [4]. Приведенные минусы, а также стратегия НТИ «Энерджинет» обуславливают переход к диагностике оборудования по фактическому состоянию.

Техническая диагностика электрооборудования в горной или нефтегазовой промышленности носит особый характер; сложность обеспечена спецификой исполнения и режимов работы, а также в ряде случаев отсутствием непосредственного доступа к диагностируемому объекту. Анализ технических и технологических условий возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации технологического оборудования добывающих предприятий показывает, что при разработке основ обеспечения безопасной эксплуатации необходимо учитывать не только техническое состояние, но и нестационарность условий эксплуатации технологического оборудования и эксплуатационных рабочих параметров технологических процессов [5].

Поэтому необходимо обеспечить надежность диагностики и оценки текущего состояния и остаточного ресурса, что позволит перевести ТОиР в обслуживание по фактическому состоянию. Кроме того, помимо применения систем контроля и защиты, внедрять системы прогнозирования и оценки остаточного ресурса в реальном времени.

Сегодня существуют различные системы, упрощающие обслуживание электромеханического оборудования, также внедряются современные технологические комплексы и системы с высокой степенью автоматизации, так как ERP, EAM, RCM-анализ [6]. В таких системах осуществляется сбор и хранение данных о работе ЭМО в специальной диагностической базе данных. Примером таких систем являются:

- центр прогнозистики и удаленного мониторинга на основе программного продукта «ПРАНА» предназначенного для энергоблоков электростанций [7];
- центр дистанционной диагностики ветроэнергетических установок компании Siemens;
- программно-аналитический комплекс Avantis PRiSM компании Schneider Electric предназначенный для прогнозирования состояния оборудования;
- система интеллектуального контроля состояния машинного оборудования Smart Machinery Health Management компании Emerson;
- Industrial Performance & Reliability Center компании General Electric осуществляющий удаленный мониторинг более четырех тысяч единиц оборудования.

Система обычно обладает функционалом расчётов косвенных параметров на основании данных технологических процессов, состояния ЭМО, диагностики и прочей информации, сохраняемой внутри базы данных. Появляется недостаток локализации информации о работе оборудования и причинах возникновения дефектов. Решением может стать глобализация данных, которая возможна лишь с переходом на новую структурную схему системы сбора и анализа информации для диагностики и оценки остаточного ресурса.

Единая глобальная информационная система – это, система способная к самообучению и адаптации к изменениям различных условий. То есть, система в целом и ее составляющие в частности могут функционировать в различных условиях, агрегировать данные различных частных баз данных, производить и собирать специальные знания в течении жизненного цикла электромеханического оборудования. Появление мощных аналитических инструментов, позволяющих оперировать накопленными данными в режиме, близком к реальному времени, открывает новые возможности в области построения систем ТОиР и управления загрузкой оборудования [8] (рис. 1).

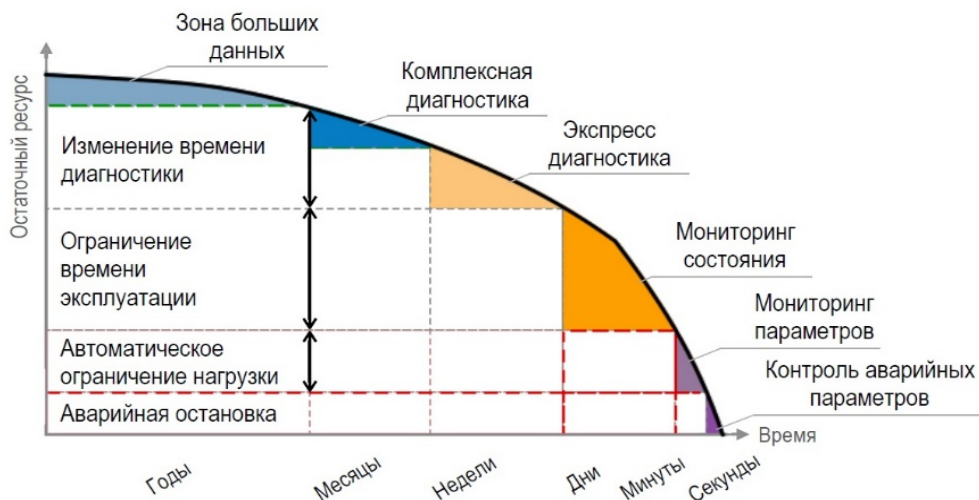


Рисунок 1 – Управление остаточным ресурсом электромеханического оборудования на основе IIoT (Industrial Internet of Things)

На основе исследования данных методов был разработан метод комплексной диагностики позволяющий реализовать прогнозные техническое обслуживание ЭМО, частью которого стали технологии «цифровых двойников» и «цифровых теней» – они позволяют вывести диагностику и мониторинг на новый уровень. Алгоритм программного сервиса SaaS (Software-as-a-Service) представлен на рисунке 2.

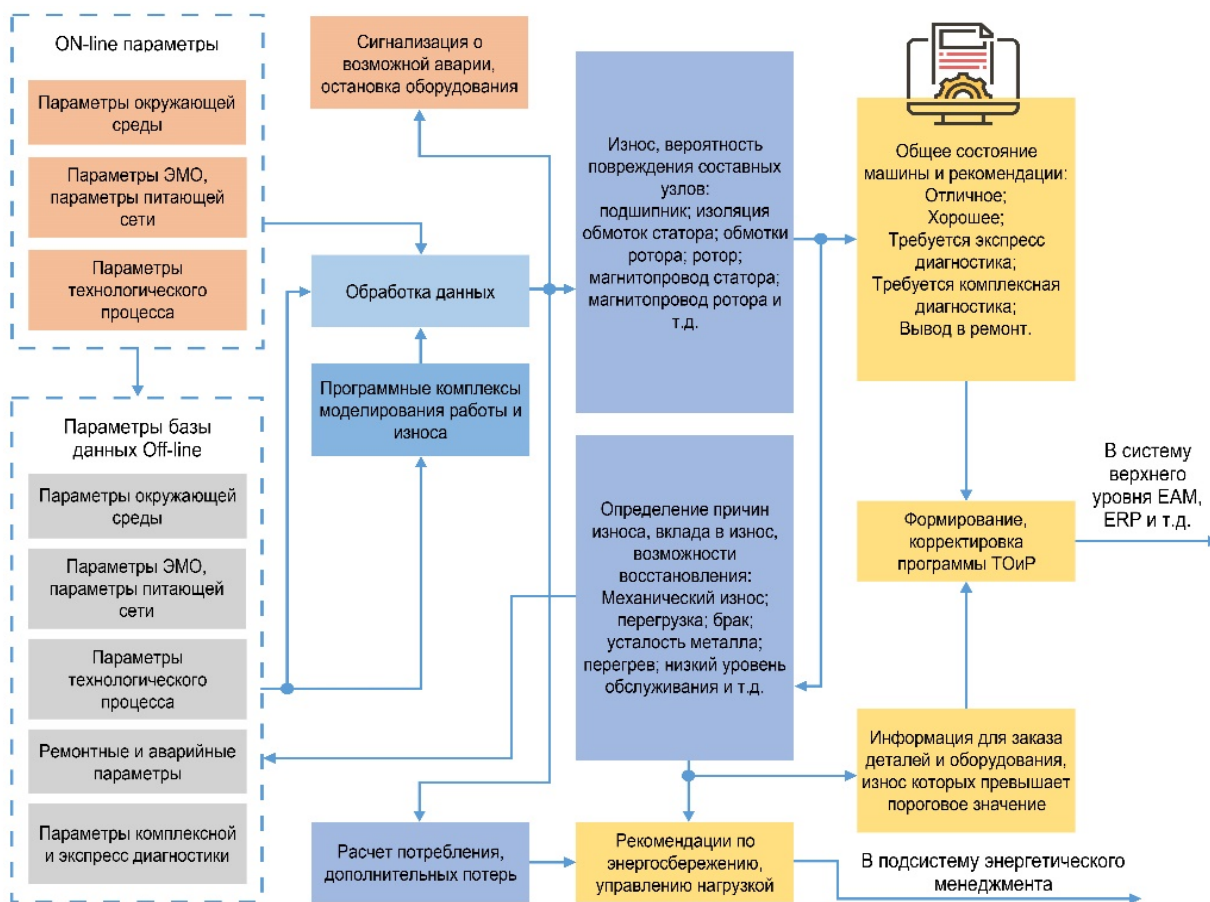


Рисунок 2 – Алгоритм программного сервиса SaaS для управления жизненным циклом электромеханического электрооборудования с блоком моделирования

**Результаты.** Выработаны рекомендации по созданию интегрированной информационно аналитической системы (ИИАС), ориентированной на исследования процессов, свя-

занных с износом электромеханического оборудования и прогнозом его старения на основе диагностических параметров, а также условий эксплуатации оборудования, и нестационарности эксплуатационных рабочих параметров технологических процессов [1].

Программный сервис подразумевает формирование отчета об износе отдельных узлов ЭМО и о вероятности выхода их из строя, выявление причин возникновения дефектов, а также рекомендации по управлению нагрузкой и заказе запасных частей, износ которых превышает пороговое значение. Имея полную информацию о выявленных дефектах и о возможном влиянии каждого из них на остаточный ресурс, система определяет объём восстановительных работ, необходимого для доведения ресурса ЭМО до требуемого уровня. Располагая знанием о причинах возникновения каждого дефекта и факторах, влияющих на его развитие, можно путём влияния на причины и факторы приостановить или замедлить развитие наиболее критичных дефектов, сберегая, таким образом, ресурс работоспособности.

Отдельный блок комплекса посвящен моделированию работы системы, осуществляемое технологией «цифровой двойник» (digital twin).

Цифровой двойник – это образ конкретного изделия. Он содержит цифровую модель изделия, спецификацию материалов, руководства и данные по обслуживанию изделия, информацию о поведении изделия в различных условиях.

Цифровое представление становится точной копией физического оборудования, проходя через все этапы его жизненного цикла, отображая реальные процессы и рабочее состояние своего физического двойника. Технология позволяет заранее идентифицировать и проработать нештатные ситуации, автоматизированно подобрать оптимальный режим работы не только изделия, но и всего комплекса, как это было реализовано на одном из дочерних предприятий «Газпрома» [9].

Помимо отображения состояния объекта, также необходимо получение динамических данных в режиме реального времени, что является наиболее сложной и трудоёмкой задачей в управлении электрооборудованием. В комплексе цифрового двойника данную проблему решает «цифровая тень» (digital shadow) – она отображает динамические объекты физического пространства. Таким образом, мы получаем набор гибридных цифровых моделей, способных к самообучению на основе динамически меняющейся информации, даже в случае изменения конфигурации системы [10]. Подобное моделирование позволит установить соответствие между физическим и информационным пространством (рис. 3).

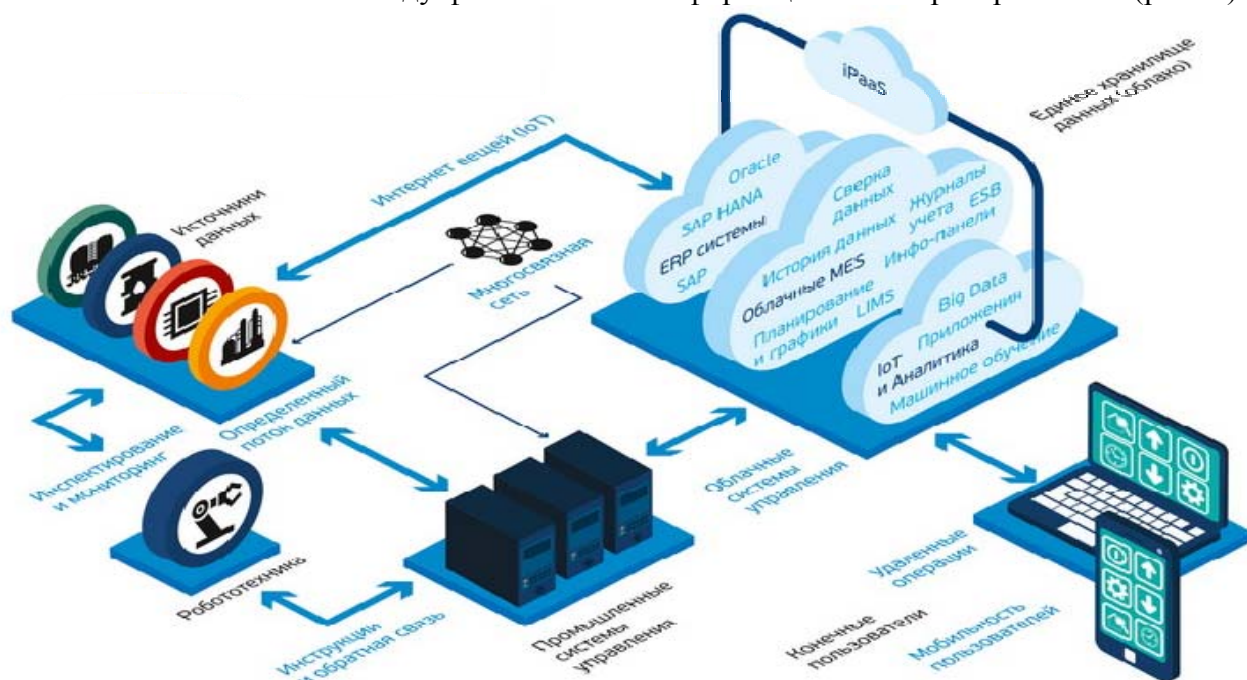


Рисунок 3 – Будущая архитектура автоматизации

**Вывод.** Таким образом, сформирован подход к созданию системы диагностики и оценки остаточного ресурса электромеханического оборудования с применением технологии цифрового двойника. Приведенный комплекс решает проблемы ТОиР в горнодобывающей и нефтегазовой отраслях, а также отвечает требованиям концепции «Индустрия 4.0». На сегодняшний день реализация технологии цифрового двойника возможна с помощью программных комплексов семейства ANSYS, что становится вектором практического развития исследования.

#### Список использованных источников

1. Жуковский Ю.Л., Котелева Н.И. Управление программой технического обслуживания и ремонта электромеханического оборудования на основе интегрированной информационно-аналитической системы. // Промышленная энергетика. – 2017. – № 7. – С. 14-20.
2. Жуковский Ю.Л., Королёв Н.А., Бабанова И.С. Оценка технического состояния и остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем. // Горное оборудование и электромеханика. – М. – 2017. – № 6 (133). – С. 20-25.
3. Козярук А. Е., Жуковский Ю. Л. Система обслуживания электромеханического оборудования машин и механизмов по фактическому состоянию // Горное оборудование и электромеханика. – М. – 2014. – № 10. – С. 8-14.
4. Федеральная служба государственной статистики / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>
5. Козярук А.Е. Энергоэффективные электромеханические комплексы горнодобывающих и транспортных машин. // Записки Горного института. – СПб. – 2015. – № 218. – С. 261-269.
6. Манчулов Е.М. Современные системы технического обслуживания и ремонта машин и оборудования для горнодобывающей отрасли. // Научно-информационный издательский центр «Недра-XXI». – М. – 2013. – № 2. – С. 44-48.
7. Индустриальное IoT решение для диагностики и прогноза состояния промышленного оборудования / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://prana-system.ru/>
8. Zhukovskiy, Y., Koteleva, N. Automated system for definition of life-cycle resources of electromechanical equipment. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – №177 (1).
9. Зорина С.В. Заоблачные дали: цифровой нефтеперерабатывающий завод будущего. – Сибирская нефть. 2016. № 6/133. – С. 10-16.
10. Цифровой двойник: недостающее звено [Электронный ресурс] – Материалы конференции «Внедрение Интернета вещей как производственной практики современного предприятия».

УДК 6293.542.5

### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА

*Васенков Е.В., Молодин В.В.*

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)*

**Введение.** Актуальной проблемой применения полистиролбетона является неравномерность распределения гранул заполнителя – полистирола вспененного гранулированного (ПВГ). Это происходит вследствие флотации ранее вспененных гранул в процессе перемешивания и при виброобработке. Поверхность представляет собой склеенные цементом гранулы пенополистирола. Это приводит к неоднородности материала по прочности и теплопроводности. Неоднократно предпринимались попытки достичь однородности распределения пенополистирольных гранул по массе растворной составляющей [1,2,3], однако введение различных комплексных добавок и повышение жесткости смеси снижало технологические свойства исходного материала, вызывая увеличение трудоёмкости, стоимости и продолжительности производственного процесса.

На основе технологии предварительного разогрева бетонной смеси [4] предложена одностадийная технология изготовления пенополистирольных изделий и конструкций. Суть способа заключается в том, что гранулированный (бисерный), невспененный полистирол, имеющий плотность 1050 кг/м<sup>3</sup>, при перемешивании с растворной составляющей, имеющей