

# ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТОИР: ЗАДАЧИ, ВОЗМОЖНОСТИ, ВНЕДРЕНИЕ

ИГОРЬ АНТОНЕНКО, К. Т. Н.  
antonenko@spectec.ru

Организациям, владеющим технологическим оборудованием, машинами и производственной инфраструктурой, важно обеспечить управляемость процессов их эксплуатации, технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Эта задача усложняется с увеличением количества эксплуатируемых объектов и с их распределением на нескольких производственных площадках. В подобных условиях единственным инструментом, обеспечивающим управление, становится информационная система ТОиР. В статье рассмотрены вопросы внедрения такой системы.

Уже многие годы задача обеспечения управляемости процессов эксплуатации, технического обслуживания и ремонта не теряет своей актуальности. Более того, ее важность растет, о чем свидетельствует повышение роли отделов и управлений главного энергетика, главного механика, планировщиков ТОиР, инженеров по надежности и других специалистов, от которых зависит безотказность и стабильное функционирование оборудования.

Приобрели новый вес и отраслевые проблемы. Предприятия, эксплуатирующие поднадзорное оборудование, ощущают растущие системные издержки из-за несоответствий требованиям, причиной которых часто становится неудовлетворительное качество ТОиР. Естественные монополии, находящиеся под «опекой» государственных контрольных органов, регулирующих тарифы, ощутили необходимость тщательного учета, формирования ремонтной составляющей тарифа для обоснования стоимости своей продукции (услуг). Отрасли, включившиеся раньше других в мировую экономику (промышленность минеральных удобрений, нефтехимия, металлургия и др.), обнаружили, что высокие затраты на ТОиР мешают им эффективно конкурировать на рынке.

В целом указанные проблемы самым непосредственным образом связаны с ТОиР оборудования и машин. И их невозможно решить, во-первых, не имея достоверных

и полных данных, характеризующих текущую организацию работ по ТОиР, состояние оборудования и текущие затраты на ТОиР, во-вторых, не имея достоверных данных об итоговой результативности принятых управленческих решений, о том, как эти решения сказались на эффективности ТОиР. Соответственно, руководство предприятия требует эти данные от исполнителей, которые ищут способы их получения.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИСУ ТОИР

Современный подход к решению данной проблемы заключается в создании единой информационной системы управления техническим обслуживанием и ремонтом в масштабе предприятия (ИСУ ТОиР). В то же время создание такой ИСУ ТОиР может происходить поэтапно, когда внедрение ИСУ ТОиР поначалу происходит в одной службе, в одном цеху или на одной промышленной площадке, а затем отработанный фрагмент системы тиражируется на всем предприятии.

Средствами ИСУ ТОиР создается непрерывная информационная связь между техническим менеджментом предприятия (главным инженером, техническим директором, главным механиком, главным энергетиком, главным метрологом) и подчиненными подразделениями, службами, отдельными исполнителями и участниками работ по ТОиР.

Внедрить ИСУ ТОиР означает добиться такого информационного взаимодействия всех вовлеченных в ТОиР лиц, при котором они будут выдавать и получать достоверные, своевременные и полные данные о процессе ТОиР, а руководители, кроме того, будут пользоваться этими данными и основывать на них свои решения.

Предполагается, что сотрудники (пользователи), использующие ИСУ ТОиР, выполняют в ней функции по своей компетенции и ответственности, находясь в своих штатных подразделениях, в том числе на значительных расстояниях, обусловленных распределенной структурой предприятия. При этом информация от них (планы работ, отчеты по работам, заявки на запчасти и т. д.) поступает по каналам связи, накапливается в единой базе данных и становится доступной всем руководителям и специалистам согласно заранее установленным в системе полномочиям.

В общем случае внедренная ИСУ ТОиР должна поддерживать решение следующих задач в области управления ТОиР:

- ведение нормативно-справочной информации по оборудованию;
- ведение эксплуатационной и ремонтной документации;
- формирование и ведение базы данных по объектам эксплуатации;
- ведение информации о персонале, участвующем в управлении ТОиР;

- оценка и прогнозирование технического состояния машин и оборудования;
- формирование и пересмотр программ технического обслуживания;
- планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту;
- определение потребностей в материальных ресурсах (МТР);
- обеспечение потребностей в МТР;
- выполнение и учет внеплановых работ;
- выполнение и учет плановых работ;
- обеспечение безопасных условий выполнения работ;
- измерение и анализ показателей эффективности;
- принятие решений в отношении списания, замены и модернизации.

Результаты внедрения и использования ИСУ ТОиР для различных звеньев менеджмента предприятия оцениваются разными показателями. Это может быть повышение фондоотдачи, снижение складских запасов запчастей, выявление, вывод из эксплуатации и замена «проблемного» оборудования, увеличение межремонтного периода, снижение доли внеплановых работ, оптимизация загрузки ремонтного персонала, повышение качества документационного обеспечения ТОиР, автоматизация операций (составление отчетов о выполнении ТОиР, составление заявок на запчасти) и т. д.

### АРХИТЕКТУРА ИСУ ТОИР

В самом простом варианте ИСУ ТОиР имеет две составляющие: базу данных и специализированное программное обеспечение класса EAM (Enterprise Asset Management) [1]. В базе данных (БД) хранится вся информация по эксплуатируемым объектам (паспортные данные, формуляры), схемы и чертежи, ремонтные и эксплуатационные документы, накопленные параметры технического состояния, зарегистрированные дефекты и отказы, выполненные работы по ТОиР, замены и перемещения оборудования и т. д.

Программное обеспечение ТОиР позволяет оперировать информацией, содержащейся в БД: вводить, корректировать, искать, анализировать, обрабатывать данные, контролировать их значения, выводить их в удоб-

ном виде для анализа. С его помощью пользователи выполняют функции, возложенные на них в системе управления ТОиР, — планирование ТОиР, заказ запчастей и т. д.

В наиболее общем виде структура ИСУ ТОиР представлена на рис. 1. База данных вместе со своей внутренней системой управления (СУБД) располагается на мощном компьютере, называемом сервером. Специализированное программное обеспечение ТОиР устанавливается на компьютерах пользователей в администрации предприятия и в подразделениях — эти компьютеры подключены к серверу через локальную сеть предприятия и называются клиентскими. Тем самым формируется так называемая топология типа «звезда». Говорят также, что в данном случае система построена по технологии «клиент-сервер», или по двухуровневой архитектуре.

Как известно, в двухуровневой архитектуре вся бизнес-логика программного обеспечения ТОиР реализуется на компьютерах пользователей. В трехуровневой архитектуре компьютеры пользователей обеспечивают доступ к бизнес-логике, которая фактически выполняется на отдельном сервере приложений. Возможны варианты многоуровневых архитектур и иных топологий ИСУ ТОиР, которые подробнее рассмотрены в статье [2].

Такая организация ИСУ ТОиР обеспечивает эффективное информационное взаимодействие:

- средствами СУБД и программного обеспечения ТОиР разделяются права доступа пользователей к данным и функциям — например, в отношении плана-графика ТОиР пользователи могут иметь право зарегистрировать внеплановую работу, сгенерировать план ТОиР на период, на подразделение, корректировать его или утверждать;
- обеспечивается однократный ввод одних и тех же данных и возможность их многократного извлечения из БД — например, достаточно один раз зарегистрировать выполнение технического обслуживания, и соответствующая запись появится в электронном формуляре оборудования, и в оперативном журнале выполнения работ;
- обеспечивается возможность одновременного доступа пользователей

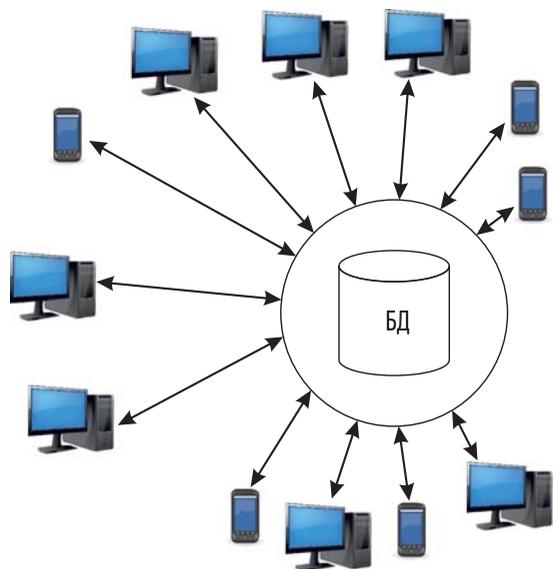
к одним и тем же данным, не происходит размножения экземпляров одних и тех же данных, как в случае с «бумажной» организацией управления, — например, нет необходимости иметь один экземпляр паспорта на оборудование непосредственно в цеху и один в заводоуправлении;

- скорость появления данных в местах их использования ограничивается только скоростью их передачи по локальной сети предприятия — это особенно важно, когда данные касаются технического состояния опасного оборудования или систем обеспечения безопасности;
- снижается время анализа информации — она концентрируется в единой базе данных, достаточно применить стандартные запросы к БД, чтобы получить отчет о текущем статусе выполнения плановых ремонтных работ и т. д.;
- появляется возможность автоматически импортировать данные из других информационных систем — например, данные диагностики, данные диспетчеризации; то же самое касается экспорта данных из ИСУ ТОиР, в частности информации о списании запчастей — в систему бухгалтерского учета.

### МОБИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА В СОСТАВЕ ИСУ ТОИР

Текущее десятилетие отмечено значительным ростом вычислительной

РИС. 1. ▽  
Пример архитектуры ИСУ ТОиР





мощности мобильных компьютерных устройств (МКУ) — это смартфоны, коммуникаторы, мобильные терминалы сбора данных, промышленные планшеты. Достигнутый технический уровень этих гаджетов изменил взгляды на архитектуру ИСУ ТОиР. Теперь, помимо стационарных персональных компьютеров и серверов, в составе сети рабочих мест ИСУ ТОиР все чаще появляются МКУ, которые на рис. 1 показаны соответствующим образом.

Мобильный персонал (обходчики оборудования, аварийные и ремонтные бригады, сервисные инженеры), имея на руках такое МКУ, с его помощью получает удаленный доступ к данным по оборудованию, к которым раньше был доступ только из заводоуправления. И наоборот, он может с помощью МКУ вводить информацию в заводскую базу данных, находясь при этом в производственной зоне, рядом с обслуживаемым или подконтрольным оборудованием. Возможности МКУ позволяют, с одной стороны, обеспечить информационную поддержку мобильного персонала в производственной зоне, а с другой — обеспечить контроль руководства за его деятельностью в реальном масштабе времени [3].

При использовании мобильных устройств, включенных в ИСУ ТОиР, повышается производительность персонала. Обходчик или ремонтник подходит к объекту и с помощью МКУ считывает с объекта его уникальную RFID-метку (NFC).

По коду этой метки в базе данных автоматически идентифицируется соответствующий объект, а информация по нему выводится на экран МКУ. Далее вся собираемая информация будет автоматически привязана к объекту в базе данных. Отсканированные RFID-метки, поступающие в базу данных ИСУ ТОиР, одновременно служат для контроля движения обходчика по маршруту.

Введенная через МКУ информация о техническом состоянии оборудования и дефектах поступает в базу данных непосредственно из производственной зоны и немедленно становится доступной руководству. Благодаря этому могут своевременно приниматься критически важные решения, в том числе по предупреждению отказов и аварий. Обходчик, находясь возле оборудования, имеет возможность с помощью мобильного устройства производить фотосъемку дефекта и привязывать фотографии к объекту в базе данных ИСУ ТОиР, создавать заявки на обслуживание, а ремонтник — получать задания на выполнение работ и отчетываться об их выполнении, идентифицировать необходимые запчасти по QR-коду и искать их в базе данных и т. д.

### ИСУ ТОИР С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ БАЗОЙ ДАННЫХ

Особенность управления процессами ТОиР состоит в том, что в нем участвует в том числе ремонтный и эксплуатационный персонал,

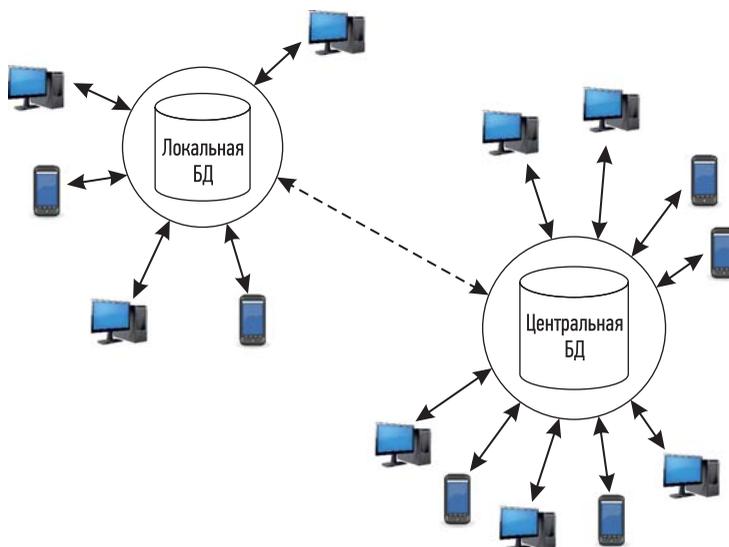
который в силу потребностей производства распределен по технологическим площадкам, удаленным на десятки, сотни и даже тысячи километров. Наши реалии таковы, что не всегда между этими площадками имеется непрерывный и высокоскоростной канал связи. Пользователи, находящиеся за пределами локальной сети предприятия, будут испытывать трудности при обращении к системе, скорость реакции на их обращения будет очень низкой, вплоть до невозможности работы в ИСУ ТОиР. Например, в промышленной энергетике и в территориальных сетевых организациях это могут быть пользователи удаленных районов электрических сетей (РЭС).

Похожая ситуация возникает в силу особенностей самого объекта — например, суда в плавании или горнопроходческие комплексы в шахтных выработках предусматривают длительное автономное функционирование, когда постоянная связь с ними невозможна или требует значительных затрат.

Объединить подобные объекты и пользователей в едином информационном пространстве позволяет построение ИСУ ТОиР с распределенной базой данных, архитектурные особенности которой подробно рассмотрены в статье [4]. Архитектура такой системы упрощенно показана на рис. 2.

Здесь имеется центральная база данных, устанавливаемая в центральном офисе или на головном предприятии. К ней обращаются напрямую (через локальную сеть) рабочие места пользователей, установленные там же. Для удаленных площадок, не имеющих качественного канала связи, создается локальная база данных ИСУ ТОиР.

Удаленные пользователи и подразделения работают с локальной БД в режиме онлайн, то есть в любой момент могут обратиться к ней напрямую, а с центральной БД — в режиме офлайн. Это означает, что непосредственно к центральной БД они не обращаются, а периодически (по команде или по расписанию) происходит синхронизация локальной и центральной БД; между ними передаются информационные пакеты, содержащие информацию, изменившуюся за время между сеансами синхронизации. Проблемный канал



**РИС. 2.** ►  
Архитектура  
с распределенной базой  
данных

связи (показан пунктиром), таким образом, задействуется только для передачи этих небольших по объему информационных пакетов.

### ВНЕДРЕНИЕ ИСУ ТОИР НА ЗАВОДАХ «САФ НЕВА»

ООО «САФ-НЕВА» — российское предприятие группы Lesaffre, одного из мировых лидеров по производству дрожжей и других продуктов ферментации. Компания эксплуатирует в России три дрожжевых завода, включая один из крупнейших в России и в Европе — Воронежский дрожжевой завод. Основная продукция компании (дрожжи, улучшители, закваски, заварные пасты) служит сырьем для пищевой промышленности и реализуется на потребительском рынке (сухие и прессованные дрожжи). Компания также производит кормовые добавки для животноводства и органические удобрения.

Внедрение ИСУ ТОИР здесь началось с Воронежского завода в марте 2017 года. Первоначально специалисты НПП «СпецТек» провели обследование процессов технической эксплуатации на заводе и на этой основе разработали проектную документацию, определившую требования к системе. В частности, в ней был определен программный комплекс TRIM как программное обеспечение системы. Комплекс TRIM был развернут на компьютерах 10 пользователей.

Далее был разработан программный модуль, обеспечивающий обмен данными между ИСУ ТОИР и модулем управления закупками и складом из состава корпоративной системы на основе SAP ERP. Пользуясь этим модулем, специалисты НПП «СпецТек» импортировали данные из SAP ERP и сформировали базу данных ИСУ ТОИР. На момент ввода системы в эксплуатацию эта база данных содержала учетные данные более чем по 50 тысячам запчастей и примерно 3 тысячам единиц оборудования завода. В ней к каждой единице оборудования прикреплены выполняемые виды работ по ТОИР, а к каждой работе привязаны требуемые запчасти, материалы, трудовые ресурсы, продолжительность, необходимая ремонтная документация. На этом основана возможность ИСУ ТОИР по автоматизированному объемно-календарному планированию работ.

Необходимо отметить, что созданная БД не ограничивается временны-

ми рамками. Фактически этот процесс идет непрерывно в течение всей эксплуатации ИСУ ТОИР. При этом в БД вносятся информация об эксплуатационных и технических параметрах, об отказах, о выявленных дефектах, о проведенных работах по ТОИР, о фактически израсходованных запчастях, материалах и привлеченных к работам специалистах, о заказанных под ремонт запчастях и имеющихся на складе и т. д. Ко всей этой информации, введенной в БД разными специалистами, в разное время и зачастую с разных компьютеров, появляется оперативный доступ из одной точки — с компьютера пользователя, расположенного на его рабочем месте.

После окончания работ последовал этап эксплуатации системы на Воронежском заводе, в ходе которого руководство предприятия, во-первых, убедилось в эффективности системы, во-вторых, смогло сформулировать объективные требования к доработке и тиражированию системы.

В марте 2020-го стартовал этап развития ИСУ ТОИР, который был завершен в декабре того же года. Его содержанием стало масштабирование системы и наращивание ее функций. В частности, система охватила еще два завода, находящихся в городах Узловая и Курган. Соответственно, объем оборудования, учтенного в базе данных системы, увеличился до 7 тысяч единиц, а количество пользователей системы на стационарных рабочих местах — до 24.

Дополнительно на Воронежском заводе появились 19 мобильных пользователей благодаря тому, что система была дополнена модулем TRIM-Mobile. С помощью носимого планшета (смартфона), на котором установлен этот модуль, исполнители ремонтных работ могут вводить данные в ИСУ ТОИР и получать из нее данные. В частности, они могут получать наряд-задания на выполнение регламентных работ, фиксировать их выполнение, указывать состав бригады и трудозатраты на выполнение работы, значения контролируемых параметров, фактически использованные запчасти и материалы и т. д.

Доработан модуль, обеспечивающий взаимодействие TRIM с системой SAP ERP. Благодаря этому в ИСУ ТОИР стали поступать данные

о стоимости использованных материалов и запчастей. Это позволило настроить аналитику по затратам на ТОИР оборудования и анализировать затраты по конкретной единице оборудования.

Реализована подсистема аналитики на веб-платформе. Благодаря этому руководство может обращаться к данным ИСУ ТОИР через Интернет, пользуясь только браузером, имеющимся на смартфоне или компьютере. В частности, таким образом можно анализировать расчетные показатели надежности оборудования и эффективности процессов ТОИР, проводить план-фактный анализ в различных сечениях.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимо отметить, что техническое обслуживание и ремонт являются очень важным, но далеко не единственным видом деятельности по управлению производственными активами. Даже примерный перечень, имеющийся в стандарте ГОСТ Р 55.0.01-2014, включает 25 видов деятельности. Эффективность активов, в том числе их надежность, в значительной степени зависит от других этапов жизненного цикла актива, таких как проектирование, изготовление, закупка, поставка, монтаж, ввод в эксплуатацию. Ошибки и упущения на этих этапах также увеличивают интенсивность отказов, снижают готовность и производительность, повышают стоимость жизненного цикла актива.

В связи с этим управление ТОИР в идеале должно быть включено в более широкий контекст управления активами. Для этого в организации должна быть внедрена система управления производственными активами, охватывающая все стадии жизненного цикла, а не только стадию эксплуатации. ●

### ЛИТЕРАТУРА

1. Антоненко И. Н. EAM-система TRIM: от автоматизации ТОИР к управлению активами // Автоматизация в промышленности. 2015. № 1.
2. Молчанов А. Ю. Организация распределенных вычислений для управления физическими активами // Автоматизация в промышленности. 2017. № 8.
3. Антоненко И. Н. Информационное сопровождение и управление деятельностью мобильного персонала // Главный механик. 2020. № 11 (207).
4. Молчанов А. Ю. Управление физическими активами в условиях эпизодической (off-line) связи // Автоматизация в промышленности. 2018. № 8.