

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ

История, состояние и перспективы

Кац Б. А., Антоненко И. Н., Молчанов А. Ю.,
НПП «СпецТек», Санкт-Петербург

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кац Борис Арнольдович,
ведущий специалист
НПП «СпецТек»,
доцент СПбПУ, к. т. н.,
bkatz@spectec.ru

Антоненко Игорь Николаевич,
начальник отдела
НПП «СпецТек», к. т. н.,
antonenko@spectec.ru

Молчанов Алексей Юрьевич, директор
по разработкам
НПП «СпецТек», к. т. н.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших направлений автоматизации в энергетике и промышленности является использование современных информационных технологий для управления процессами эксплуатации и ремонта.

За управление техническим обслуживанием и ремонтами по современным представлениям отвечает класс информационных систем, называемый «Системы управления производственными (физическими) активами предприятия». Соответствующий англоязычный термин — Enterprise Asset Management (EAM). Эти системы решают комплекс задач, связанных с эффективностью использования всех физических активов предприятия, — производственного оборудования, зданий и сооружений, вспомогательного оборудования и инженерных сетей.

Система класса EAM включает в себя подсистему поддержки принятия решений, которая предоставляет руководителю интегральные показатели, — например, подсистему мониторинга простоев оборудования (основанную на показателях доступности, эффективности и качества). Функции систем класса EAM охватывают широкий круг задач: от паспортизации оборудования, выбора стратегий обслуживания и планирования ТО и ремонтов до обеспечения процессов ТОиР персоналом и ресурсами (как материальными, так и финансовыми), анализа результатов управления и пересмотра программ обслуживания.

В России системы, решающие все или некоторые указанные задачи, часто называют информационными системами управления ТОиР (ИСУ ТОиР).

Имеется значительное число статей и интернет-публикаций, посвященных отдельным аспектам разработки, внедрения и использова-

ния ИСУ ТОиР. Однако недостает обзорных статей, посвященных этому классу информационных систем. Задача данной статьи — в какой-то мере заполнить этот пробел.

О КЛАССИФИКАЦИИ И ФУНКЦИЯХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТОиР

Компьютеризированные системы управления техническим обслуживанием (CMMS, Computerized Maintenance Management System) появились на Западе в 70-х годах прошлого века, еще до наступления «эры персональных компьютеров». Первые системы этого класса работали с использованием мини-ЭВМ и монохромных алфавитно-цифровых дисплеев и решали ограниченный круг задач, относящихся непосредственно к управлению ТОиР: учет и паспортизация оборудования, планирование ремонтов, учет дефектов и работ по их устранению, формирование потребности в запчастях и персонале.

Эти системы позволяли и позволяют до настоящего времени решать тактическую задачу — поддержание технической готовности оборудования с реализацией учетных функций (работы, затраты, запчасти) безотносительно к эффективности активов.

Потребность в решении стратегических задач предприятия, таких как повышение производительности активов и персонала, оптимизация затрат на ТОиР и владение активами при минимуме рисков, повышение инвестиционной привлекательности предприятия и т. д., — потребовала совершенствования CMMS-систем, разработки продуктов качественно нового уровня. В результате в системах управления ТОиР появляются такие функции, как:

- ведение данных о полном жизненном цикле активов;
- выбор и оптимизация стратегий обслуживания и ремонта;
- анализ причин аварий и поломок;
- управление персоналом, задействованным в процессах жизненного цикла активов;
- управление финансами, связанными с владением активами.

Системы с расширенными таким образом функциями принято относить к классу EAM — Enterprise Asset Management, управление производственными активами предприятия. Этот термин введен в обиход аналитической компанией Gartner Group в 1998 году и стал общепотребительным, в том числе в России.

Таким образом, CMMS и EAM-системы имеют базовое отличие, заключающееся в направленности на решение задач различного уровня, и отличие в функциях. Кроме того, если CMMS-системы предполагают их использование на уровне цеха или иной производственной единицы, то EAM-

системы обеспечивают подключение большого количества пользователей со всех производственных площадок предприятия, ведение баз данных большого объема (десятки и сотни тысяч записей об оборудовании), обмен информацией с другими системами АСУП и АСУ ТП, т. е. рассчитаны на автоматизацию управления активами крупного предприятия или корпорации в целом.

Тем не менее, деление на CMMS и EAM-системы не является строгим. CMMS-системы могут расширяться до функциональности, близкой к EAM, за счет расширения функций планирования ремонтов, управления персоналом, а также путем подключения дополнительных модулей, например снабжения, бюджетирования и т. п.

Формальный перечень отличий CMMS и EAM приведен в [1] в виде следующей таблицы:

Возможности	CMMS	EAM
Состав и иерархическая структура оборудования	+	+
Склад запасных частей и материалов	+	+
Трудовые ресурсы	+	+
Формирование и обработка заявок на снабжение	+	+
Планирование предупредительного обслуживания	+	+
Учет и контроль затрат	+	+
Учет и контроль выполнения работ	+	+
Стандартная и специальная отчетность	+	+
Поддержка всего жизненного цикла оборудования		+
Сервисное обслуживание		+
Прогнозируемое обслуживание (по состоянию)		+
Выбор стратегии обслуживания		+
Управление физическими рисками владения активами		+
Обслуживание, ориентированное на надежность		+
Анализ коренных причин отказов		+
Анализ стоимости жизненного цикла активов		+
Управление технической документацией		+
Анализ эффективности использования активов		+
Планирование развития производственных активов		+

Перечисленные отличия не означают, что CMMS-системы во всех случаях хуже. При прочих равных условиях они дешевле, проще в освоении, внедрении и эксплуатации, что опять же означает меньшую стоимость владения. Поэтому их целесообразно использовать на относительно небольших предприятиях. Могут такие системы быть использованы и на средних предприятиях в качестве программного обеспечения начального уровня (для пилотных проектов, с перспективой расширения до системы класса EAM).

Поставщики интегрированных систем управления предприятием (систем MPR/MRPII/ERP), стремясь охватить всю совокупность бизнес-процессов предприятия, на определенном этапе развития своих продуктов дополняли их модулями, предназначенными для управления ТОиР. Сегодня модули для управления ТОиР есть в большинстве интегрированных систем управления предприятиями (как зарубежных — SAP R3, Microsoft Dynamics и др., так и отечественных — таких, как «1С:ERP Управление предприятием», «Галактика ERP» и др.).

Таким образом, решения в области управления ТОиР можно классифицировать следующим образом.

Решение	Общее описание
Системы EAM (Enterprise Asset Management — управление активами предприятия)	Специализированные системы, которые позволяют автоматизировать управление активами на всем жизненном цикле, в том числе процессы ТОиР и обеспечивающие процессы (снабжение, управление ремонтным персоналом, финансы). Основное преимущество — специализация именно на управлении активами.
Системы CMMS (Computerized Maintenance Management System — автоматизированные системы управления ТОиР)	Сравнительно простые информационные системы, направленные на управление только процессами ТОиР и практически не позволяющие полноценно автоматизировать обеспечивающие процессы.
Модули ТОиР ERP систем	Интегрированные модули в ERP-системах. Основное преимущество — интеграция со всеми остальными модулями данной ERP-системы. Обладают, как правило, ограниченной функциональностью в части управления ТОиР. Не могут использоваться отдельно от ERP-системы, частью которой они являются.

ИСУ ТОиР В РОССИИ

Первые зарубежные системы управления ТОиР в России появились в начале 90-х годов.

Из них можно упомянуть ирландскую систему фирмы ESBI, которая по программе помощи странам бывшего СССР (TACIS) была установлена в начале 90-х на нескольких электростанциях. В их числе были Южная ТЭЦ в Санкт-Петербурге и позднее — Смоленская АЭС. Эта система работала на мини-ЭВМ, к которой были подсоединены несколько алфавитно-цифровых терминалов. Система не допускала расширения ни в части функций, ни даже в части количества подключаемых терминалов (теоретически такие возможности были, но за них надо было платить — а это руководство станций не намерено было делать). Тем не менее, драгоценный опыт, который получили энергетики, участвовавшие во внедрении, впоследствии был использован при работе с отечественными ИСУ ТОиР.

В начале 90-х, с распространением персональных компьютеров, «умельцы» на некоторых предприятиях

на первых персональных компьютерах стали разрабатывать системы учета оборудования и календарного планирования ремонтов. Но это были нетиражируемые продукты, и практически все они ушли, не оставив следа. В это же время появились тиражируемые продукты, привязанные к определенной отрасли. Например, в 1991 г. появилась «Информационно-управляющая система «Эрлан-1» (AirLAN-1), предназначенная для информационного обеспечения технической эксплуатации самолетов и вертолетов российского производства. Ее распространение в отрасли курировал Департамент воздушного транспорта Минтранса РФ. Она была ориентирована на MS-DOS и набор DBF-файлов DBaseIII+.

В те же годы в России появилась система AMOS-D, разработанная в Норвегии в начале 80-х и ориентированная на потребности ТОиР судоходства. В России систему AMOS начала продвигать фирма НПП «СпецТек» — в 1992 г. НПП «СпецТек» начала продажи AMOS-D под ОС MS-DOS, а позднее — AMOS for Windows. На тот момент это был первый на российском ИТ-рынке продукт в своем классе, поскольку в отличие от других он распространялся на рыночной основе.

Вместе с тем, становились очевидными ограниченность ниши отраслевых решений и тенденции развития, направление которых — универсальный продукт с возможностью реализации (настройки) отраслевых задач.

Уже в конце 90-х на российском рынке появился ряд программ — как российских, так и зарубежных — которые, пройдя долгий путь развития, используются до сих пор.

Одной из первых отечественных тиражируемых универсальных систем управления ТОиР была система TRIM. Первые проекты по внедрению информационных систем на базе комплекса TRIM были реализованы в 1998 году. При этом НПП «СпецТек» использовала свой опыт работы с системой AMOS в собственной разработке.

Общее количество фирм-разработчиков, вышедших с тех пор на рынок ИСУ ТОиР в России, составило около двух десятков. Количество новых проектов ИСУ ТОиР в

России росло с каждым годом примерно до 2006-2007 года, а затем стабилизировалось на уровне 70-80 новых проектов в год.

На сегодня сформировалась группа лидеров, занимающих большую часть российского рынка ИСУ ТОиР. В их числе SAP R/3 PM, IBM Maximo, Oracle eAM, TRIM, 1С:ТОиР. Если говорить о проектах по отраслям, то среди лидеров — энергетика, транспорт, нефтедобыча и нефтепереработка. В последние несколько лет по количеству проектов к ним приблизились пищевая промышленность, строительство, ЖКХ, машиностроение. Но по количеству пользователей систем ТОиР первая группа существенно опережает вторую за счет мегапроектов в энергетике и на транспорте. Сводные данные по проектам ИСУ ТОиР можно найти в [2].

ЧЕМ УПРАВЛЯЮТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ

В соответствии с процессным подходом к задачам управления, определим перечень процессов, которыми нужно управлять. В первом приближении можно выделить следующие основные группы взаимосвязанных процессов управления производственными активами [3]:

- учет и паспортизация оборудования, учет нормативов на его эксплуатацию и ремонт;
- оперативная регистрация технических показателей, эксплуатационного и технического состояния оборудования, оценка технического состояния оборудования;
- процессы планирования работ по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР) и учета их выполнения;
- процессы обнаружения дефектов и отказов, планирования и контроля работ по их устранению;
- процессы обеспечения ресурсами работ по ТОиР;
- выбор и пересмотр стратегий обслуживания;
- измерение и анализ показателей перечисленных процессов, работы по совершенствованию системы управления производственными активами.

Сегодня становится очевидным, что существенное повышение эффективности перечисленных процессов возможно только при условии применения современных информационных технологий.

Далее рассматриваются проблемы и решения, связанные с автоматизацией управления производственными активами. Необходимо подчеркнуть, что относительная важность и сложность автоматизации отдельных процессов существенно зависят от контекста внедрения, то есть от масштабов предприятия, специфики производства, готовности к автоматизации тех или иных направлений деятельности.

В идеальном варианте процессы управления производственными активами должны быть

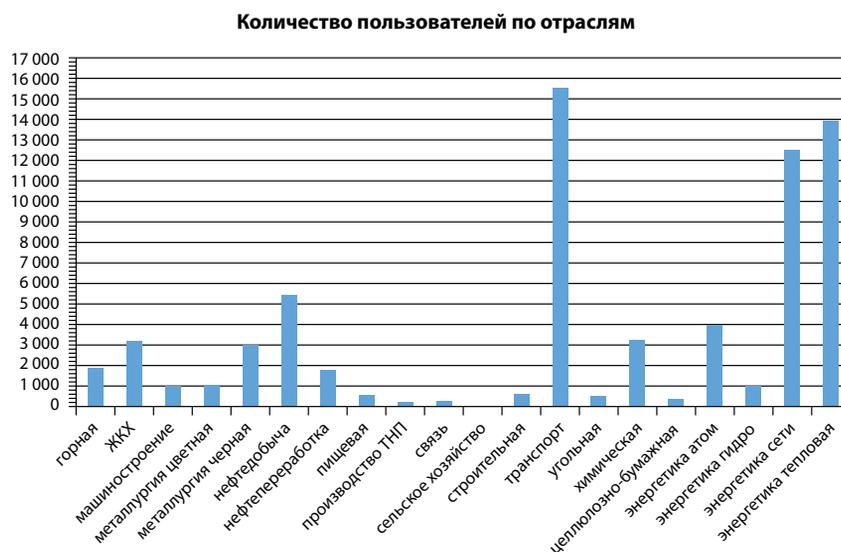


Рис. 1. Количество пользователей ИСУ ТОиР по отраслям (из обзора «ТОиР Консалт» [2])

автоматизированы в рамках единой информационной системы управления, построенной на основе программного обеспечения класса EAM или ERP (Enterprise Resource Planning — планирование ресурсов предприятия). Вопрос о том, использовать ли изначально интегрированную систему или же специализированную систему с последующей интеграцией решений, лучших в своем классе (best-of-breed), остается дискуссионным. Достоинства и недостатки этих вариантов обсуждались неоднократно [4]. Однако тенденция такова, что даже самые стойкие сторонники использования одной интегрированной системы, способной покрыть все процессы предприятия, приходят к выводу, что это невозможно [5, 6].

Мы будем рассматривать подходы к управлению активами, опираясь на опыт внедрения информационных систем управления, созданных на базе отечественной EAM-системы TRIM. Функциональность, имеющаяся в системе TRIM, позволяет автоматизировать все перечисленные выше процессы в их взаимосвязи.

Однако стоит отметить, что основные положения, описанные далее, не являются специфичными для ИСУ ТОиР на основе TRIM и применимы ко всем достаточно развитым системам управления ТОиР.

ПРОЦЕССЫ УЧЕТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ АКТИВОВ И НОРМАТИВОВ НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Данные процессы можно назвать иницирующими, так как без проведения работ по начальному наполнению базы данных (БД) информационной системы невозможно ее дальнейшее функционирование (рис. 2).

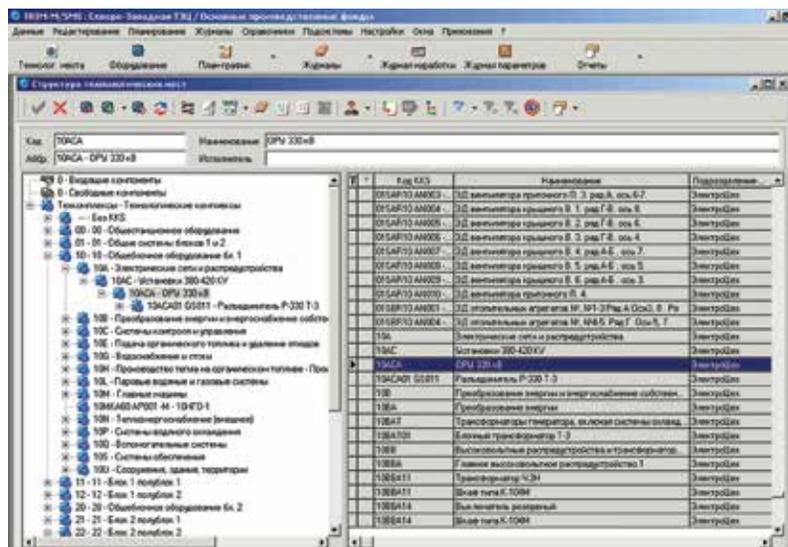


Рис. 2. Дерево оборудования с привязкой работ

Важность работ по начальному наполнению БД часто недооценивается, хотя трудоемкость и сложность таких работ велика, а их стоимость может составлять существенную часть общей стоимости внедрения системы. Кратко обозначим возникающие при этом основные проблемы.

Первое — зачастую требуемые данные отсутствуют, недостаточно полны, противоречивы. Второе — для сбора

этих данных необходима совместная работа персонала заказчика и организации, осуществляющей внедрение ИСУ ТОиР. Зачастую (особенно если внедряется модуль ТОиР интегрированной ERP-системы) внедренцы плохо представляют специфику таких работ, так как в основном занимаются другими модулями, прежде всего финансовыми. Нередки случаи, когда система сдается на тестовых примерах, и лишь потом заказчик обнаруживает, что оказался брошенным и должен нанимать отдельного подрядчика для начального наполнения БД системы.

Третье — нередко руководство предприятия хочет сэкономить на этих работах, считая, что они вполне могут быть выполнены собственными силами.

В лучшем случае это приводит к существенному затягиванию проекта и к последующему привлечению специализированной организации. В худшем — проект умирает, по сути, не начавшись, и остается разочарование руководства и апатия подчиненных. Стоит подчеркнуть, что для выполнения таких работ необходимы знания в области классификации и кодирования, опыт в организации подобных работ, а также специализированные программные средства для сбора, контроля и заливки данных в БД.

Для иллюстрации разномасштабности возникающих задач приведем количество оборудования, которое было внесено в БД на этапе их первоначального наполнения в некоторых из проектов, выполненных НПП «СпецТек»: от 500 до 2–3 тыс. ед. (предприятия пищевой промышленности); от 2 до 50 тыс. ед. (судоходные компании); от 20 до 50 тыс. ед. (металлургические предприятия); от 40 до 150 тыс. ед. (компании электрических сетей); 300 тыс. ед. (атомные электростанции).

Еще один слой проблем, возникающих при начальном наполнении БД, состоит в том, что часто нормативы на проведение работ по ТОиР на предприятии неполны или устарели. Универсального решения этой проблемы не существует. Разработка полных и обоснованных нормативов — задача, соизмеримая по сложности с внедрением ИСУ ТОиР, поэтому мы считаем нецелесообразным откладывать внедрение ИСУ ТОиР до ее решения. Стартовать можно с тем набором нормативов, который имеется, а затем постепенно переходить к более обоснованным нормативам по мере накопления статистики с помощью ИСУ ТОиР.

Необходимо обратить внимание еще на один аспект, а именно на поддержание БД оборудования и нормативов в актуальном состоянии. Проблемы, возникающие при этом, имеют организационный характер. Необходимо иметь регламент ведения БД, определяющий ответственных за ее актуализацию, — очевидно, что данные об изменении конфигурации и характеристиках оборудования поступают из различных

подразделений, но внесение корректив желательно проводить централизованно, с учетом единого подхода к описанию и кодированию вводимых данных.

ПРОЦЕСС РЕГИСТРАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Часто регламент обслуживания оборудования зависит от того, насколько интенсивно это оборудование эксплуатируется и в каком техническом состоянии оно находится.

Поэтому для корректного планирования процессов управления производственными активами данные о режимах работы оборудования и его техническом состоянии должны оперативно поступать в систему. При этом информация о техническом состоянии оборудования почти никогда не фиксируется непосредственно — чаще всего она определяется, исходя из значений различных физических величин, измеряемых приборами (таких как давление, температура, сила тока, сопротивление изоляции, величина вибрации и т. п.). Эти физические величины в ИСУ ТОиР представляются в виде измеряемых технических параметров, связанных с каждой единицей оборудования.

Данные о значениях технических параметров являются важными исходными данными для других процессов управления производственными активами.

Некоторые технические параметры, такие как наработка оборудования в часах, число пусков и остановов, могут быть определены расчетным путем на основании оперативных данных об эксплуатационном состоянии оборудования: в какой момент оно было включено/выключено, работало оно на холостом ходу или под нагрузкой. В этом случае персоналу удобнее регистрировать в ИСУ ТОиР ключевые моменты, связанные с изменением эксплуатационного состояния оборудования, нежели вручную вводить значения параметров. Кроме того, выполнение некоторых работ по обслуживанию невозможно без останова оборудования. Поэтому экс-

плуатационное состояние оборудования является не менее важным для планирования работ, чем его технические показатели.

Оперативные данные о состоянии оборудования и значениях его технических параметров могут не только регистрироваться вручную, но и автоматически поступать из смежных систем, в частности из АСУТП, систем диагностики [7].

Данные эксплуатационного и технического состояния оборудования, в свою очередь, могут зависеть от результатов выполнения других процессов, связанных с управлением производственными активами.

Например, для получения значений некоторых технических показателей может потребоваться выполнение работ по диагностике или мониторингу оборудования — эти работы, в свою очередь, должны быть запланированы и учтены в плане работ, обеспечены необходимым измерительным оборудованием и персоналом. Изменение эксплуатационного состояния оборудования, как будет показано далее, может быть связано с возникновением дефектов или отказов. Таким образом, процесс регистрации технических показателей, эксплуатационного и технического состояния оборудования является не просто поставщиком данных для других процессов, но интегрирован вместе с ними в целостный процесс управления производственными активами.

Литература

1. Strub Joe, Jakovljevic P. J. *EAM Versus CMMS: What's Right for Your Company?* // Опубликовано на сайте Technology Evaluation Centers (TEC), 15 марта, 2004.
2. Данилов С., Скворцов, Ноздрин О. *Автоматизация ТОиР. Хроника внедрений* // *Главный энергетик*. — 2007. — № 7. — С. 11-16.
3. Кац Б. А., Молчанов А. Ю. *Управление производственными активами с помощью современных информационных технологий* // *Автоматизация в промышленности*. — 2014. — № 8. — С. 34-40.
4. Иорш В. И., Антоненко И. Н. *Внедрение информационной системы ТОиР: начало пути* // *Управление производством*. — 2009. — № 5-6. — С. 33-37.
5. Монц Д. *Как СIO добиться работоспособности мультивендорного подхода* // *PC Week/RE*. — 2015. — № 3. — С. 8.
6. Уэйлгам Т. *Будущее ERP* // *Директор информационной службы*. — 2010. — № 1. — С. 42-44.
7. Кац Б. А. *Взаимодействие информационной системы ТОиР с другими АСУ предприятия* // *Автоматизация в промышленности*. — 2013. — № 8. — С. 43-46.

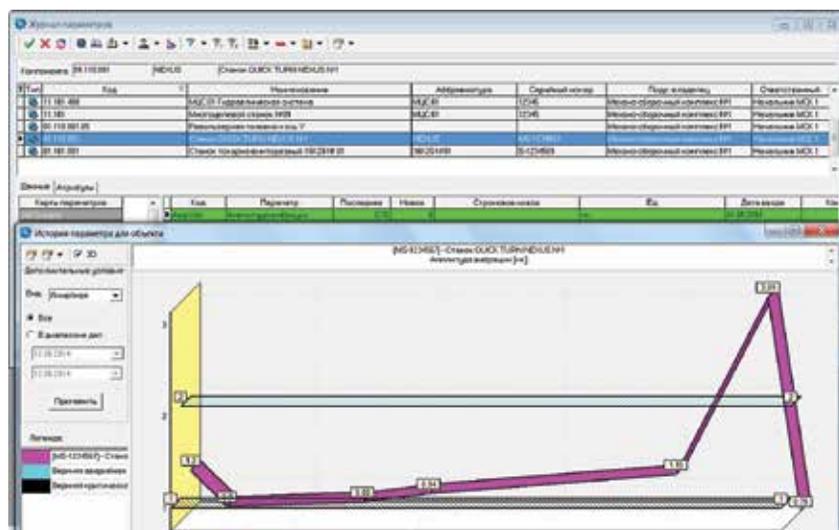


Рис. 3. Параметры вибрации станка

Окончание следует

Окончание, начало в ТПА № 3 (78) 2015 года

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ

История, состояние и перспективы

Кац Б. А., Антоненко И. Н., Молчанов А. Ю.,
НПП «СпецТек», Санкт-Петербург

МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Оценка состояния оборудования является необходимым итогом процесса

регистрации показателей эксплуатационного и технического состояния оборудования, о котором говорилось в первой части статьи. Оценка состояния основывается на системе показателей, конфигурация которой связана со структурой оборудования. Для расчета этих показателей собираются, агрегируются в единой системе и используются как данные объективного контроля (показания приборов и диагностической аппаратуры), так и результаты осмотров, инспекций, экспертных оценок состояния. На этой основе формируется комплексная оценка состояния, учитывающая влияние различных параметров и структурных единиц на состояние оборудования в целом.

Количественной оценкой технического состояния является безразмерная числовая величина, получаемая в результате выполнения определенного алгоритма и называемая Индексом Состояния (ИС). В простейшем случае ИС вычисляется как линейная комбинация некоторых параметров. Величина ИС характеризует состояние объекта с точки зрения соответствия его параметров нормативным значениям с учетом значимости (веса) каждого параметра. Рассчитанные ИС заносятся в базу данных ИСУ ТОиР для проведения анализа и выработки соответствующих мероприятий. При этом мониторинг параметров

продолжается, и, соответственно, осуществляется перерасчет ИС. По результатам анализа эффективности проведенных мероприятий возможен пересмотр используемых алгоритмов оценки состояния. Более подробно эти вопросы рассмотрены в [2–1].

ПРОЦЕССЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТ И УЧЕТА ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

Для начала рассмотрим ситуацию, когда на предприятии для всего оборудования определены и стратегия обслуживания (классическая система ППР, ремонт по состоянию или же ремонт по отказу), и нормативы на проведение этих работ. В случае внеплановых работ ИСУ ТОиР используется как инструмент регистрации работ и связанных с ними затрат и ресурсов. Для плановых работ ИСУ ТОиР позволяет построить календарный план-график работ (рис. 1), а также произвести расчет ресурсов, необходимых для его выполнения. При этом может быть рассчитана потребность в ресурсах по следующим направлениям: запчасти и материалы; людские ресурсы (в разрезе специальностей и трудозатрат); механизмы, приборы, средства диагностики; финансовые ресурсы для выполнения работ подрядным способом.

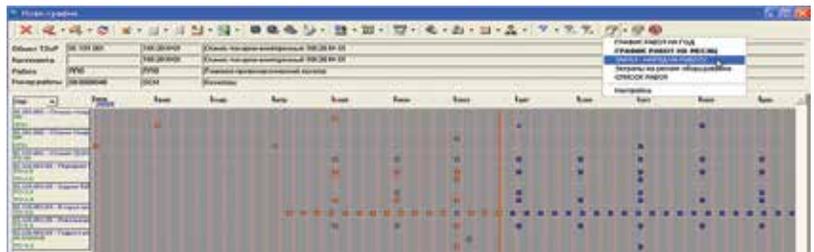


Рис. 1. План-график работ

Если ресурсов недостаточно, необходимо провести секвестирование плана работ. ИСУ ТОиР позволяет решить эту задачу более объективно. Один из вариантов ее решения — так называемое планирование по важности или приоритизация работ. Имеющиеся работы ранжируются по важности либо исходя из формальных критериев, принятых на предприятии, либо при помощи экспертной оценки. Программа отбирает работы, начиная с наиболее важных, таким образом, чтобы выполнялись ресурсные ограничения. При этом под «важностью» работы зачастую может подразумеваться достаточно сложный критерий, учитывающий, с одной стороны, состояние оборудования, для обслуживания которого выполняется работа, а с другой стороны — критичность этого оборудования с учетом всех последствий его отказа.

Как правило, составление календарного плана и его обсчет не представляют сложности для современной вычислительной техники. Но с ростом размера предприятия трудоемкость

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кац Борис Арнольдович,
ведущий специалист
НПП «СпецТек»,
доцент СПбПУ, к. т. н.,
bkatz@spectec.ru

Антоненко Игорь Николаевич,
начальник отдела
НПП «СпецТек», к. т. н.,
antonenko@spectec.ru

Молчанов Алексей Юрьевич, директор
по разработкам
НПП «СпецТек», к. т. н.

расчетов возрастает многократно, и во время планирования может существенно замедлиться работа пользователей системы. Для обеспечения эффективного решения таких задач, например, в составе комплекса TRIM используется специальный модуль, названный сервером планирования. В случае необходимости он может работать на отдельном физическом сервере, чем достигается масштабирование решения в зависимости от свойств объекта внедрения.

Сегодня прослеживается тенденция отхода от исключительного применения классической системы планово-предупредительных ремонтов (ППР). Современный подход состоит в оптимальном комплексном применении различных стратегий обслуживания, оптимизации программ обслуживания по критерию минимизации рисков. Все больший интерес вызывает так называемое надежно-ориентированное техническое обслуживание (RCM, Reliability-Centered Maintenance), которое дает методологию выбора наилучшего вида обслуживания для конкретного производственного актива в зависимости от его критичности и применимости той или иной стратегии.

Автоматизация процессов RCM-анализа обеспечивается как отдельными специализированными продуктами (например, IVARA EXP), так и специализированными модулями RCM в составе EAM-системы (например, такой модуль имеется в TRIM [2–2]).

В EAM-системе при RCM-анализе используются данные других модулей, которые служат для оценки состояния оборудования [2–1] и реализуют процедуры планирования на основе современных стратегий ремонта.

Необходимо подчеркнуть, что составленный план ремонтов ТОиР не является окончательным итогом процесса планирования. Так, если планирование ремонтов производится по наработке или в зависимости от значений каких-либо диагностических параметров, то в ИСУ ТОиР возможно автоматически перепланировать даты начала ремонтов при поступлении новых данных. Эти данные могут вноситься вручную либо поступать из смежных систем (в частности, из АСУТП, систем диагностики) [2–3].

Возможности информационной системы позволяют оперативно корректировать план и в других случаях (изменение плана производства, появление дефектов и отказов), что практически невозможно при «бумажном» планировании.

После выполнения работы пользователь ИСУ ТОиР вводит отчет, в котором указывает фактически израсходованные ресурсы (в том числе трудозатраты в человеко-часах, расходы на подрядные организации, а также перечень и объемы использованных запасных частей и материалов). При этом может автоматически генерироваться расходный документ на списание затраченных ресурсов со склада, либо же списание может выполняться комплексно, на основе данных по работам, выполненным за определенный промежуток времени. При необходимости каждая строка отчета может быть привязана к статье бюджета. Такой подход позволяет оперативно отслеживать расходование ресурсов в натуральном и денежном выражении, а также вести аналитику затрат в различных разрезах (по единицам и группам единиц оборудования, по центрам затрат или инвентарным номерам, по видам ремонтов, по исполнителям и т. п.). Эти данные могут не только исполь-

зоваться в пределах ИСУ ТОиР, но и экспортироваться в систему финансового учета, как это делается в ряде проектов [2–4].

ПРОЦЕССЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ И ОТКАЗОВ, ПЛАНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ РАБОТ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ

Очевидно, что, помимо плановых работ, заметная часть работ (и соответственно — доля затраченных ресурсов) связана с устранением последствий дефектов и отказов оборудования. Кроме того, выполнение работ по устранению отказов должно приводить в ряде случаев к изменению сроков других, ранее запланированных работ. Таким образом, процессы планирования и учета выполнения плановых и внеплановых работ тесно связаны.

Программные средства ИСУ ТОиР, обеспечивающие автоматизацию процессов регистрации дефектов, планирования и контроля работ по их устранению, принято называть электронным журналом дефектов (ЭЖД), по аналогии с «бумажным» журналом, применяющимся на многих предприятиях до сих пор. Известны случаи, когда ЭЖД существует как автономная программа. Но преимущества ЭЖД могут быть реализованы в полной мере только в том случае, если он реализован как составная часть ИСУ ТОиР. Вопросам использования ЭЖД посвящена статья [2–4]. Ограничимся перечислением основных возможностей ЭЖД. Очевидны те удобства, которые дает обмен данными в «безбумажном» виде, — прозрачность процесса, облегчение и повышение оперативности взаимодействия между пользователями, но это далеко не все преимущества, которые можно получить.

При переходе к ЭЖД появляются совершенно новые возможности, отсутствовавшие при бумажном ведении ЖД. Уже на первом этапе, при регистрации дефекта, принципиально важным является тот факт, что реквизиты дефекта заполняются с использованием общих справочников ИСУ ТОиР, и, прежде всего, дефект привязывается к единице оборудования. Как только дефект обработан, классифицирован, и определены плановые сроки работы по его устранению, эта работа попадает в общий план-график работ ИСУ ТОиР. Дальнейшие действия по учету выполнения этой работы (включая учет фактически затраченных ресурсов) проводятся аналогично действиям по учету выполнения плановых работ. Иначе говоря, ЭЖД интегрирован с функциями планирования работ и учета их выполнения.

Это дает дополнительные возможности для улучшения обслуживания оборудования. В частности, появление дефектов непосредственно после проведения ППР или повторных дефектов после их устранения может указывать либо на некачественно проведенный ремонт, либо на неэффективность предупредительной работы ППР. Далее, при проведении аварийного (непланового) ремонта, может оказаться, что его объем равен или превосходит объем ближайшего планового ремонта. В этом случае плановый ремонт может оказаться избыточным, то есть требуется перепланирование ППР.

В системе TRIM ЭЖД связан также с диспетчерским журналом, который служит для учета пусков и остановов оборудования, а также иной эксплуатационной информации.

Это позволяет связать последствия в виде перерыва в работе оборудования и вызвавший его дефект. В ЭЖД пользователь имеет возможность классификации дефекта с помощью нескольких справочников: по категориям, классам, проявлениям (симптомам), видам дефектов, их причинам и последствиям. В этом случае ЭЖД становится инструментом для автоматизированного ввода данных с целью последующего анализа повреждаемости и оценки риска.

Результаты оценки риска используются при планировании работ по устранению зарегистрированных в ЭЖД дефектов. При большом числе оборудования ЭЖД является необходимым для того, чтобы эта деятельность была реально выполнимой.

Данные, накопленные в ЭЖД, весьма обширны и при соответствующей систематизации представляют собой ценный материал для анализа. При использовании ЭЖД пользователь может легко получить данные по ранее обнаруженным дефектам как на данной единице оборудования, так и на всем аналогичном оборудовании (в частности, на оборудовании того же типа). Исходя из полученных таким образом сведений, можно прогнозировать и частоту появления дефектов того или иного вида, и ресурсы, которые могут потребоваться для их устранения.

ПРОЦЕССЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСУРСАМИ

Планируя внедрение ЕАМ-системы на предприятии, чаще всего имеют в виду задачу автоматизации процессов ТОиР. Особенно это касается предприятий, где затраты бюджета на ремонт и обслуживание составляют до трети всех расходов (химия, энергетика), а иногда и более половины (морской и речной транспорт). Задача автоматизации материально-технического снабжения и управления складским хозяйством отходит на второй план. Считается, что с этим вполне справляются бухгалтерские системы. Но в действительности та система учета, которая принята в бухгалтерии, не позволяет решать ни вопросы планирования

и своевременного заказа ресурсов, ни вопросы анализа результатов использования этих ресурсов с той степенью подробности и оперативности, которые необходимы техническим службам.

Вопросы автоматизации процессов материально-технического снабжения (МТС) подробно изложены в статье [2–5], с привлечением опыта внедрения ИСУ ТОиР на Смоленской АЭС. Поэтому далее остановимся лишь на основных моментах.

К функциональному блоку МТС на промышленном предприятии можно отнести следующий перечень типовых задач:

- автоматизация планирования материально-технических ресурсов (МТР) непосредственно под запланированные работы на выбранный период;
- автоматизация заявочной кампании по заказу МТР;
- обеспечение возможности прослеживания взаимосвязи «позиция заявки — конкретная работа»;
- автоматизация складского хозяйства на всех уровнях — от центральных складов до цеховых кладовых и материально-ответственных лиц;
- организация процесса проведения закупки МТР.

Наиболее важный момент при использовании ИСУ ТОиР для управления процессами МТС — это создание единого информационного пространства. Центральное место при этом занимает единый справочник МТР (рис. 3). Без единого справочника единиц учета, контрагентов, валюты и складов невозможно синхронизировать процесс ТОиР с процессами снабжения и управления запасами. Кроме того, появляется возможность вести единый справочник цен на предприятии, необходимый для оценки всех заявок и планов закупок МТР.

В ИСУ ТОиР справочник МТР используется для подробного описания реального состава эксплуатируемого оборудования, и по этой причине состав реквизитов МТР здесь точнее удовлетворяет потребностям технических служб, а номенклатура справочника обычно шире, чем, например, в бухгалтерской системе. Последняя использует только ту номенклатуру, которая когда-либо была оприходована на складах. Поэтому в идеальном случае, который не всегда удается реализовать, желательно, чтобы именно справочник ИСУ ТОиР (ЕАМ-системы) был основным, а справочники в «смежных» системах синхронизировались по нему.

Еще один важный момент в функциональности ИСУ ТОиР — это возможность связывать работы (запланированные и выполненные) с позициями документов снабжения ресурсами. Это особенно важно при проведении заявочной кампании. Поскольку процесс формирования годовой или квартальной потребности чаще всего имеет итеративный характер, когда подразделениям приходится «вписывать» свою заявку в заданный бюджет, корректировку заявки желательно делать, редактируя именно объемы работ, с возможностью автоматически пересчитывать необходимый

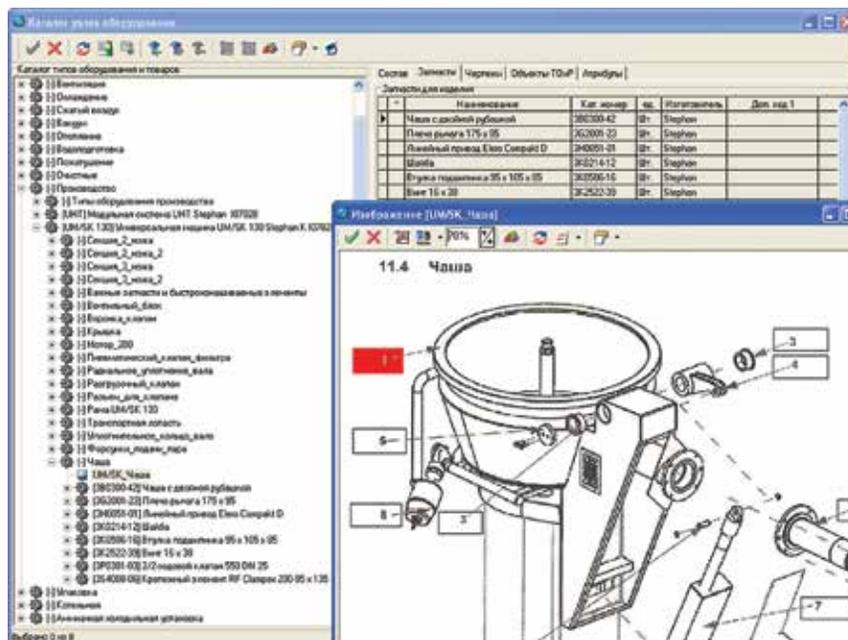


Рис. 2. Справочник МТР

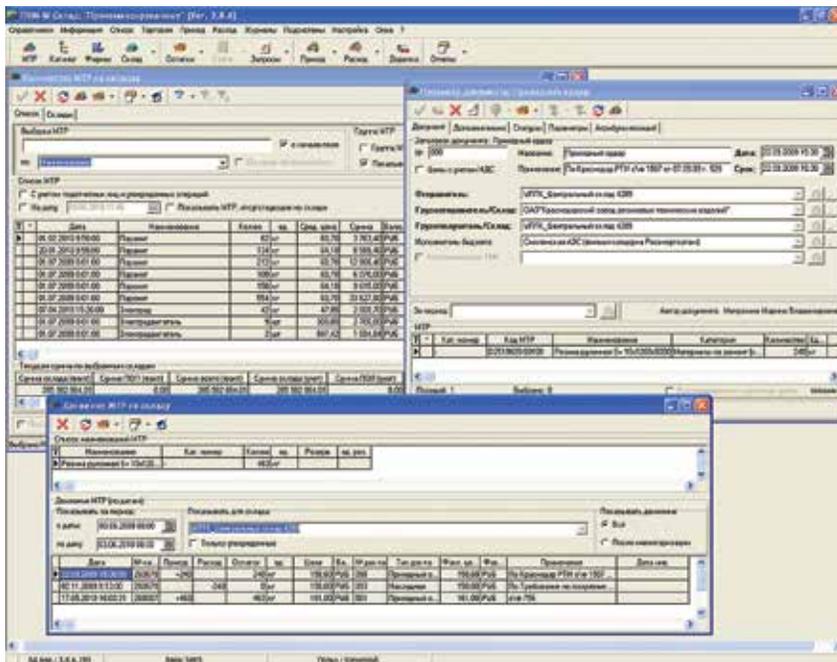


Рис. 3. Контроль остатков и движения МТР на складах

объем закупок МТР. А для этого как раз и нужна связка «МТР — работа». Если секвестрируется состав работ, то это должно сопровождаться корректным изъятием из заявки соответствующих работ, к которым «привязаны» удаляемые МТР. Кроме того, связка позиции заявки с работой и исполнителем помогает избежать неразберихи при поступлении приобретенных МТР на склад — исполнитель может легко узнать информацию о поступлении и оперативно получить заказанное.

Очевидное преимущество использования ИСУ ТОиР — формирование, согласование и анализ документов МТС в электронном виде. Как правило, не удается полностью исключить необходимость иметь «твердую» копию некоторых документов, но возможно перенести процесс печати твердой копии и сбор подписей на момент, когда в электронном виде документ уже согласован. Это существенно увеличивает оперативность и прозрачность процесса, упрощает анализ результатов и позволяет формировать показатели эффективности процессов МТС.

ИСУ ТОиР может включать и автоматизацию ряда функций, связанных непосредственно с закупками. Пользователь может посылать запросы потенциальным продавцам, вести различные прайс-листы, производить ранжирование поступивших предложений, вести учет договоров на приобретение МТР. Непосредственно в ИСУ ТОиР можно организовать конкурсные процедуры закупки МТР, что позволяет существенно сократить затраты и минимизировать «серые» схемы. При этом желательно автоматизировать обмен данными и с теми потенциальными поставщиками, которые не являются пользователями ИСУ ТОиР. В частности, в ЕАМ-системе TRIM это реализовано через рассылку структурированной информации посредством электронной почты или файлового обмена непосредственно из системы, что позволяет облегчить участие таких поставщиков в процессе закупок и значительно сокращает время администрирования (работы по созданию и отправке документов МТС поставщикам). В процессе

закупок могут учитываться ожидаемые сроки поставки МТР таким образом, чтобы они соответствовали срокам начала работ, для которых эти МТР были заказаны.

Если процесс закупок МТР с привлечением сторонних поставщиков составляет существенную часть всего процесса управления производственными активами и количество поставщиков велико, в составе ИСУ ТОиР целесообразно организовать электронную торговую площадку предприятия. На ней поставщики смогут указывать информацию о предлагаемых МТР и ценах на них, получать информацию о планах закупок, принимать участие в конкурсах на поставку МТР, регистрировать электронные документы, связанные с поставками МТР и условиями поставок.

И наконец, важным результатом внедрения ИСУ ТОиР в процессах МТС становится прозрачность складских запасов (рис. 3), возможность проследить динамику их изменения, оценить достаточность запасов для

выполнения всех плановых работ, спрогнозировать необходимый уровень неснижаемого запаса МТР, предназначенного для обеспечения внеплановых и аварийных работ. Это позволяет решать проблемы неликвидов, а также оперативного маневра МТР вне зависимости от того, на каком складе они оказались.

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, РАБОТЫ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ

Применение ИСУ ТОиР дает принципиально новое качество в управлении активами. Получаемые преимущества состоят не только в повышении прозрачности процессов, точности и оперативности учета ресурсов. Появляются ранее отсутствовавшие возможности по анализу результатов ТОиР в целом по предприятию, по анализу тенденций. Подробно этот вопрос рассмотрен в [2–6].

Для обеспечения управления активами на верхнем уровне (цех, предприятие, холдинг), а также для анализа эффективности управления на длительных интервалах времени необходимо оперативно получать достоверные данные из системы в агрегированном виде, иначе говоря — в виде системы показателей. Полученные показатели должны анализироваться на предмет соответствия их целевым значениям и далее использоваться при выработке управляющих решений. Важным фактором при этом является точность данных и наглядность отображения. При внедрении ИСУ ТОиР построению системы показателей эффективности должно уделяться особое внимание.

Возможности системы должны включать средства автоматизированного и автоматического расчета различных показателей. Как правило, ЕАМ-системы имеют типовой набор показателей эффективности процессов управления активами, который используется в качестве стартового варианта в конкретных проектах, и систему аналитических отчетов, реализующую расчет и наглядное отображение этого набора показателей.

Однако наличие программных средств, позволяющих обеспечить автоматизированное получение различных показателей, их хранение и удобное отображение, не гарантирует того, что эта система будет успешно использоваться. Это оказывается возможным лишь при выполнении определенных условий [2–6]:

- утверждение системы показателей руководством предприятия в качестве обязательной для использования;
- введение в действие утвержденного регламента, обеспечивающего регулярный ввод в ИСУ ТООИР исходных данных, необходимых для расчета указанных показателей;
- назначение ответственных исполнителей и пользователей, которые в силу своих должностных обязанностей должны использовать результаты анализа в своей работе, и, что немаловажно, способных это делать.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИСУ ТООИР С ДРУГИМИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Необходимость в интеграции ИСУ ТООИР с другими автоматизированными системами предприятия определяется потребностями взаимодействия должностных лиц и служб. С одной стороны, есть сведения, которые хотели бы получать от ремонтной службы руководство и другие службы предприятия (в первую очередь финансовые, снабженческие, складские). С другой стороны, есть данные, которые необходимы ремонтной службе (или могут помочь в ее работе) и имеются в других информационных системах предприятия. В иерархии систем управления, имеющихся на предприятии, ИСУ ТООИР занимает «средний» этаж между системами нижнего уровня (АСУТП, системы диагностики и мониторинга) и системами верхнего уровня (ERP, BI), (см. рис. 4). Подробно этот вопрос рассмотрен в [2–3].

Рассмотренные в [2–3] примеры говорят о многообразии вариантов взаимодействия ИСУ ТООИР с другими автоматизированными системами. При реализации многочисленных проектов внедрения системы TRIM накоплен значительный опыт организации взаимодействия с разнообразными «сосе-

дями» (см. рис. 5). Разработаны типовые решения, на основе которых могут быть быстро и эффективно реализованы требования, возникающие в конкретных проектах. Можно утверждать, что сегодня технические вопросы организации связей между различными подсистемами проблем не вызывают. Поэтому на первый план выходят задачи разработки алгоритмов обмена и оптимального разграничения функций между подсистемами с учетом специфики конкретных проектов.

Взаимодействие с другими подсистемами существенно увеличивает эффективность использования ИСУ ТООИР и расширяет сферу ее применения.

ОТ УПРАВЛЕНИЯ ТООИР — К УПРАВЛЕНИЮ АКТИВАМИ

Развитие практики внедрения ИСУ ТООИР движется от отображения в автоматизированном виде существующих на предприятии процессов по принципу «как есть» к их реинжинирингу и постоянному улучшению.

Простому воспроизведению процессов соответствовала автоматизация рутинных процедур в процессах ТООИР. Это ведение нормативно-справочной информации, паспортов и формуляров, генерирование плана-графика работ и перепланирование, учет выполнения работ, учет и планирование ресурсов под плановые и внеплановые работы, документирование операций заказа, выдачи и использования запчастей, осуществление закупок ресурсов под ТООИР и т. д. Именно такая задача первоначально ставилась перед информационными системами. Автоматизация этой деятельности дает заказчикам сокращение временных затрат на выполнение операций, повышение достоверности и полноты данных о процессах ТООИР, а также реализацию базового принципа — принятие решений на основании объективных данных.

Со временем стало ясно, что решения по ТООИР не являются самоценными, а интересны собственникам и другим заинтересованным лицам лишь постольку, поскольку они помогают выполнить ожидания этих заинтересованных лиц по получению прибыли, при соблюдении ограничений по безопасности, экологическим аспектам и т. п. Собственники желали разобраться в том, насколько затраты на ТООИР соответствуют выгоде от использования активов. Требовалось получить ответы и на другие вопросы, например такие:

- Можете ли вы обосновать внешним заинтересованным сторонам ваши плановые расходы на содержание активов?
- Обладаете ли вы знаниями о профилях рисков, связанных с вашим портфелем активов, и как они меняются с течением времени?
- Обладаете ли вы данными о последствиях сокращения капитальных инвестиций или ремонтного фонда на 10 % в течение следующих 5 лет?
- Можете ли вы легко определить, какой инвестиционный проект отложить в связи с бюджетными ограничениями?
- Имеются ли у вас качественные данные и знания об активах и информация для поддержки решений по управлению активами?
- Имеет ли персонал вашей организации правильную компетенцию и возможности для управления активами?
- Знаете ли вы, какую деятельность по управлению активами передать на аутсорсинг?

Поэтому акцент стал смещаться на улучшение принятых решений с точки зрения их влияния на показатели деятельности предприятия в целом.



Рис. 4. Иерархия систем АСУ предприятия

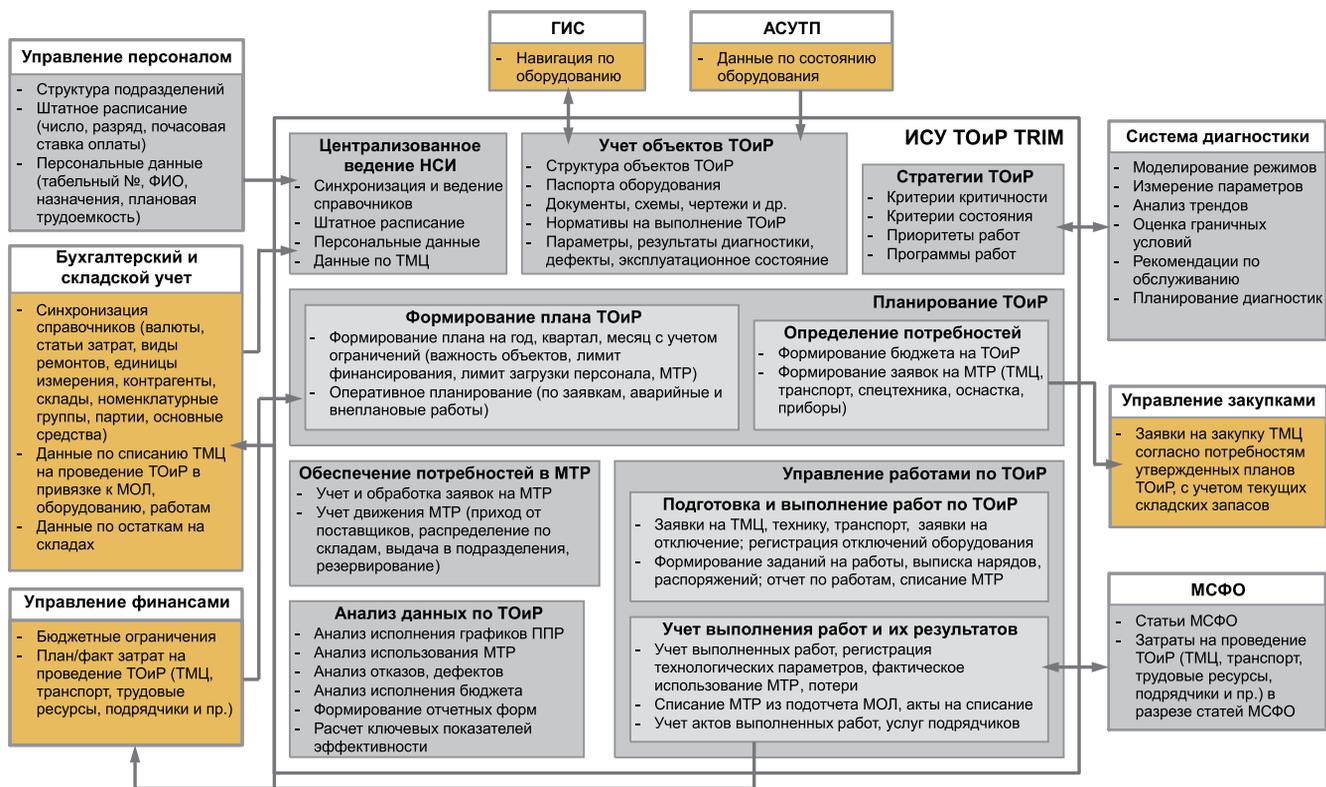


Рис. 5. Схема связей ИСУ ТОиР с другими информационными системами предприятия (пример)

При этом возникло понимание того, что ответ на эти вопросы невозможен без информационных систем управления. Только использование таких систем может дать эффективные инструменты для сбора и сохранения статистических данных, их обработки по заложенным алгоритмам для расчета рисков, формирования вариантов обслуживания активов.

Опыт международного сообщества в этой сфере нашел концентрированное отражение в стандартах по управлению активами (ISO серии 55000), опубликованных в начале 2014 г. Приказом Росстандарта на базе НПП «СпецТек» создан национальный Технический комитет по стандартизации № 86 «Управление активами», который разработал российскую версию этих стандартов [2–7]. Методология, предлагаемая в этих стандартах, предполагает связь стратегий ТОиР с целями организации, когда повышение надежности оборудования не является самоцелью. Управление активами в соответствии со стандартами ISO серии 55000 предполагает нахождение баланса между затратами, рисками, перспективными возможностями и требуемой производительностью активов.

Роль информационных систем как средства поддержки определена в п. 2.5.3.5 стандарта ISO 55000. Как указано в стандарте, необходимость в информационной системе обусловлена тем, что необходимо решать множество проблем, связанных со сбором, верификацией и консолидацией данных об активах для того, чтобы преобразовать их в информацию об активах. Создание, контроль и документирование этой информации являются критическими функциями системы управления активами.

Безусловно, при попытках заимствования зарубежных достижений в этой области (как, впрочем, и в любой другой) необходим учет российских особенностей, специфики отрасли и конкретного предприятия («контекста» внедрения). Однако в целом совокупность существующих в мире стандартов, имеющих отношение к управлению активами, может служить для нас ориентиром на ближайшее будущее.

Санкт-Петербург, июнь 2015 года

Литература к части 2

1. Кубрин С. С., Сукманов А. И. Методика оценки технического состояния оборудования // Автоматизация в промышленности. — 2012. — № 9. — С. 41–44.
2. Сайт НПП «СпецТек». [Электронный ресурс]. — <http://www.trim.ru> (Актуальность: май 2015).
3. Кац Б. А. Взаимодействие информационной системы ТОиР с другими АСУ предприятия // Автоматизация в промышленности. — 2013. — № 8. — С. 43–46.
4. Антоненко И. Н., Кац Б. А. Анализ рисков и электронный журнал дефектов // Химическая техника. — 2013. — № 3. — С. 28–33.
5. Комонюк О. Как автоматизировать процессы материально-технического снабжения на предприятии // Генеральный директор. — 2010. — № 8. — С. 46–51.
6. Кац Б. А. От информационной системы — к системе управления ТОиР // Главный механик. — 2009. — № 11. — С. 60–65.
7. Антоненко И. Н. Как управлять активами: новые возможности // Химгазеты. — 2015. — № 1 (29). — С. 30–32.