СОВРЕМЕННЫЕ ИТ-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Управление производственными активами с помощью современных информационных технологий. Проблемы и решения

Б.А. Кац, А.Ю. Молчанов (НПП «СпецТек»)

Решение проблем, связанных с управлением производственными активами – важный аспект деятельности любого предприятия. При этом оптимизация эксплуатации и ремонта оборудования как составная часть управления активами является резервом для повышения рентабельности производства, залогом его устойчивого развития. В статье рассмотрены функции информационных систем применительно к базовым процессам управления активами.

Ключевые слова: управление активами, ТОиР, стратегия обслуживания, управление надежностью, информационные системы, EAM-системы.

В соответствии с рекомендациями современного процессного подхода к задачам управления, начинать работы по оптимизации деятельности необходимо с определения процессов, которыми нужно управлять. В первом приближении можно выделить следующие основные группы процессов управления производственными активами:

— учет и паспортизация оборудования, учет нормативов на его эксплуатацию и ремонт;

— оперативная регистрация технических показателей, эксплуатационного и 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;

— 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.

В идеальном варианте все эти процессы должны быть автоматизированы в рамках единой информационной системы управления, построенной на основе ПО класса EAM (Enterprise Asset Management — управление активами предприятия) или ERP (Enterprise Resource Planning — планирование ресурсов предприятия). Вопрос о том, использовать ли интегрированную систему или же специализированную, остается дискуссионным. Достоинства и недостатки этих вариантов обсуждались неоднократно [1]. Будем рассматривать подходы к управлению активами, опираясь на опыт внедрения информационных систем управления производственными активами (ИСУ ПА), созданных на базе отечественной EAM-системы TRIM. Функциональность, имеющаяся в системе TRIM, позволяет автоматизировать все перечисленные выше процессы в их взаимосвязи.

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

Процессы учета производственных активов и нормативов на их эксплуатацию

Данные процессы можно назвать инициирующими, так как без проведения работ по начальному наполнению БД информационной системы невозможно ее дальнейшее функционирование (рис. 1). 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 ПА. Зачастую (особенно если внедряется интегрированная информационная система) 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.

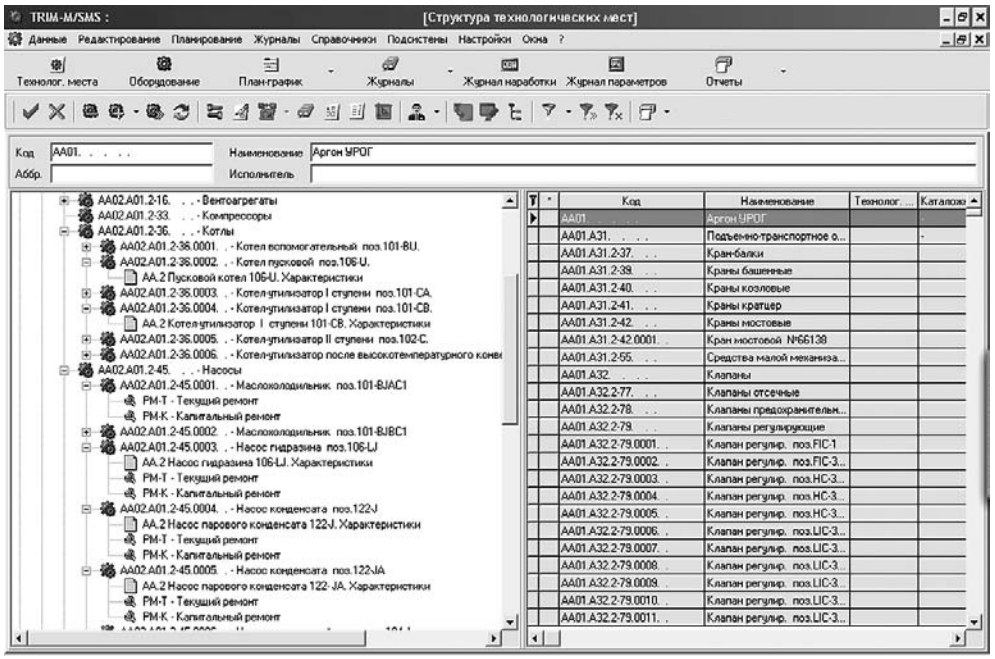

Рис. 1. Дерево оборудования с привязкой работ

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 отметим, что число единиц оборудования, которое приходится заносить в БД на этапе ее начального наполнения в некоторых из проектов, выполненных НПП «СпецТек», варьировалось от 500 ед. до 300 тыс. ед. оборудования.

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 ПА, поэтому мы считаем нецелесообразным откладывать внедрение ИСУ ПА 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 ПА.

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 характеристик 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

Зачастую 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 ПА 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 ПА 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 эксплуатационное состояние оборудования является не менее важным для планирования работ, чем его технические показатели.

Оперативные данные о состоянии оборудования и значениях его технических параметров могут

регистрироваться не только вручную, но и автоматически поступать из смежных систем, в частности, из АСУТП, систем диагностики [4].

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.

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 этом случае ИСУ ПА позволяет построить календарный план-график работ (рис. 2), 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.

Если ресурсов недостаточно, необходимо провести секвестирование плана работ. ИСУ ПА позволяет решить эту задачу более объективно. Один из вариантов ее решения — так называемое «планирование по важности». 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.

В относительно простых случаях составление календарного плана и его обсчет не представляют сложности для современной вычислительной техники. Но с ростом размера предприятия трудоемкость 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 [2].

Все больший интерес вызывает так называемое надежностно-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]). В EAM-системе при RCM-анализе используются данные других модулей, которые служат для оценки состояния оборудования [3], и реализуют процедуры планирования на основе новых стратегий ремонта.

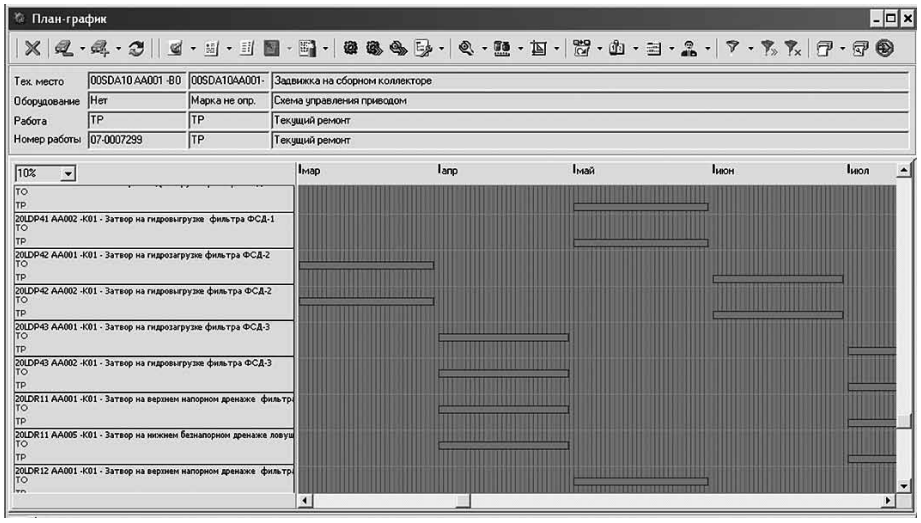

Рис. 2. План-график работ

Необходимо подчеркнуть, что составленный план ремонтов 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 ПА 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) [4].

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

После выполнения работы пользователь ИСУ ПА 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 использоваться в пределах ИСУ ПА, но и экспортироваться в систему финансового учета, как это делается в ряде проектов [4].

Процессы обнаружения дефектов и отказов, планирования и контроля работ по их устранению

Очевидно, что помимо заранее запланированных ремонтов, 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 неплановых работ тесно связаны.

Программные средства ИСУ ПА, 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 ПА. Вопросам использования ЭЖД посвящена статья [5]. 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. Но 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 ПА, 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 ПА. 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 повторных дефектов непосредственно после проведения ППР может указывать на некачественно проведенный ремонт. 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. 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 классам, проявлениям (симптомам), видам дефектов, их причинам и последствиям. В этом случае ЭЖД становится инструментом для автоматизированного 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 той же марки). 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 EAM-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). 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, которая необходима техническим службам.

Вопросы автоматизации процессов материально-технического снабжения (МТС) подробно изложены в статье [6], с привлечением опыта внедрения ИСУ ПА на Смоленской АЭС. Поэтому далее остановимся лишь на основных моментах.

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

- автоматизация заявочной кампании по заказу МТР;
- обеспечение возможности прослеживания связки «позиция заявки — конкретная работа»;
- автоматизация складского хозяйства на всех уровнях, от центральных складов до цеховых кладовых и подотчетных лиц;
- организация процесса проведения закупки МТР.

Наиболее важный момент при использовании ИСУ ПА для управления процессами МТС — это создание единого информационного пространства. Центральное место при этом занимает единый справочник МТР (рис. 3). Наличие единого справочника МТР позволяет синхронизировать процессы планирования, приобретения, хранения и использования запчастей и материалов. Кроме того, появляется возможность вести единый справочник цен на предприятии, необходимый для оценки всех заявок и планов закупок МТР.

В ИСУ ПА 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 предпочтительно, чтобы именно справочник ИСУ ПА (EAM-системы) был «основным», а справочники в «смежных» системах синхронизировали весь справочник либо только «свою» часть [2].

Еще один важный момент в функциональности ИСУ ПА — 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 носит итеративный характер, когда подразделениям приходится «вписывать» свою заявку в заданный бюджет, корректировку заявки желательно делать, редактируя именно объемы работ, с возможностью автоматически пересчитывать необходимый объем закупок МТР. А для этого как раз и нужна связка «МТР-работа» — если секвестируется состав работ, то это должно сопровождаться корректным изъятием из заявки соответствующих МТР. Кроме того, связка позиции заявки с работой и исполнителем помогает избежать неразберихи при поступлении приобретенных МТР на склад — исполнитель может легко получить информацию о поступлении, и оперативно получить заказанное.

Очевидное следствие использования ИСУ ПА — прохождение, 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

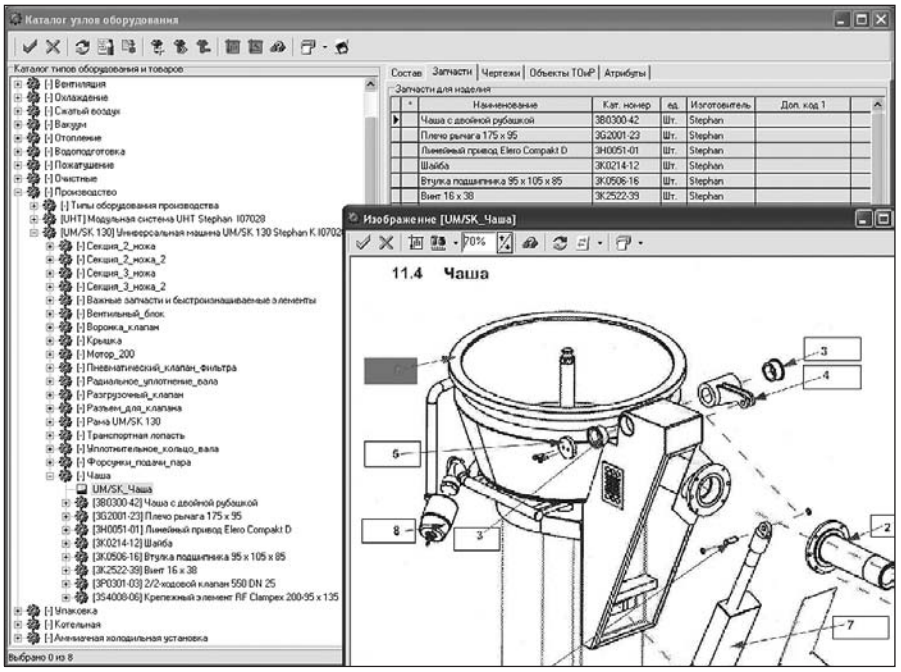

Рис. 3. Каталог узлов оборудования

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 ПА может включать и автоматизацию ряда функций, связанных с закупочной деятельностью. Пользователь может посылать запросы потенциальным продавцам, вести различные прайс-листы, производить ранжирование поступивших предложений, вести учет договоров на приобретение МТР. Непосредственно в ИСУ ПА можно организовать конкурсные процедуры и тендеры между поставщиками на закупку МТР, что позволяет существенно сократить затраты и исключить «серые» схемы из процесса закупок. При этом должно быть возможно автоматизировать обмен данными с теми потенциальными поставщиками, которые не являются пользователями ИСУ ПА. В частности в EAM-системе TRIM это реализовано через рассылку структурированной информации посредством электронной почты или файлового обмена, что позволяет облегчить участие таких поставщиков в процессе закупок. 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, в составе ИСУ ПА 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 ПА в процессах МТС становится прозрачность складских запасов (рис. 4), возможность проследить динамику их изменения, оценить достаточность запасов для выполнения всех плановых работ, спрогнозировать динамику неснижаемого запаса МТР, предназначенного для оперативного 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 ПА может дать принципиально новое качество в управлении процессами ТОиР. 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 и трендов.

Для обеспечения управления процессами ТОиР на верхнем уровне (цех, предприятие, холдинг), а также для анализа эффективности управления на длительных интервалах времени, необходимо оперативно и достоверно получать 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 [7]. Важным фактором при этом является наглядность отображения.

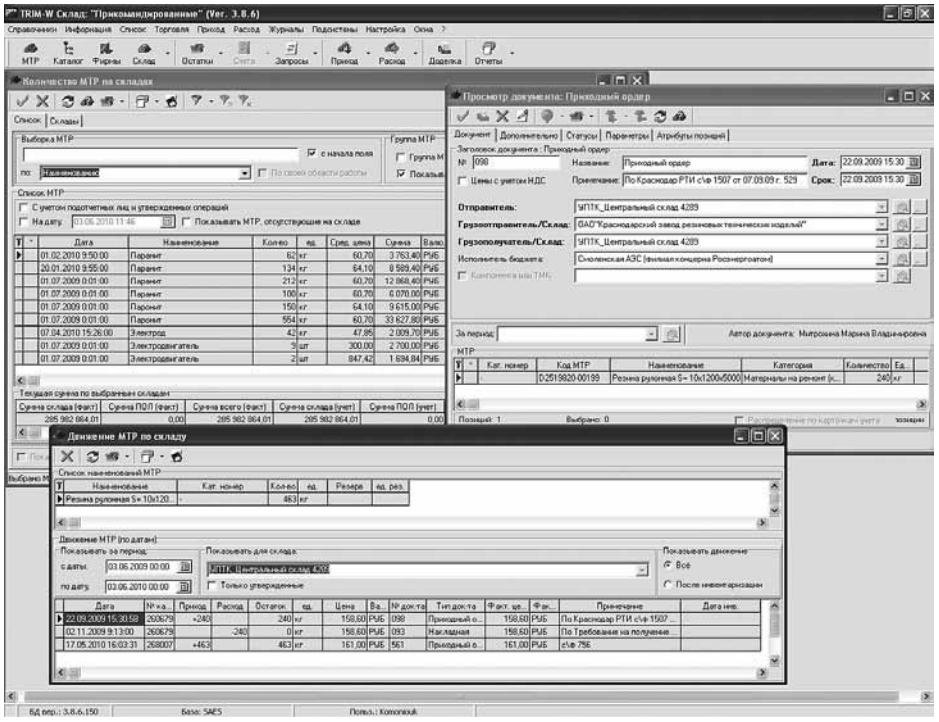

Рис. 4. Контроль остатков и движения МТР на складах

При внедрении ИСУ ПА построению системы показателей эффективности должно уделяться особое внимание. Возможности этой системы должны включать средства автоматизированного и автоматического расчета различных показателей. Как правило, EAM-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. Имеются специальные решения (например, TRIM-QMS или

Business Studio), ориентированные на формализацию процессов предприятия и отслеживание их показателей в соответствии со стандартами менеджмента.

Однако наличие программных средств, позволяющих обеспечить автоматизированное получение таких показателей, их хранение и удобное отображение, не гарантирует того, что эта система будет успешно использоваться. Это оказывается возможным лишь при выполнении определенных условий [7]:

• утверждение системы показателей основных процессов управления активами руководством предприятия в качестве обязательной для использования;

• введение в действие утвержденного регламента, обеспечивающего регулярный ввод в ИСУ ПА исходных данных, необходимых для расчета указанных показателей;

• назначение исполнителей, которые в силу своих должностных обязанностей должны использовать результаты анализа в своей работе, и, что немаловажно, способных это делать.

Заключение

Развитие практики внедрения ИСУ ПА движется от простого воспроизводства процессов предприятия в автоматизированном виде по принципу «как есть» к их реинжинирингу и постоянному улучшению.

Именно на улучшение процессов ориентируют бизнес-сообщество новые международные стандарты по управлению активами ISO серии 55000, опубликованные в начале 2014 г. Приказом Росстандарта на базе НПП «СпецТек» создан национальный Технический комитет по стандартизации № 86 «Управление активами», который начал разработку российской версии стандартов ISO серии 55000.

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 имеющихся в мире стандартов, имеющих отношение к управлению активами, может служить для нас ориентиром на ближайшее будущее.

Список литературы

1. *Антоненко И.Н., Иорш В.И.* Внедрение информационной системы ТОиР: начало пути // Управление производством. 2009. №5-6. С.33-37.
2. *Иорш В.И., Крюков И.Э., Антоненко И.Н.* Международные стандарты в области управления физическими активами // Вестник Качества. 2012. № 4.С.27-34.
3. *Кубрин С.С., Сукманов А.И.* Методика оценки технического состояния оборудования // Автоматизация в промышленности.2012. №9. С.41-44.
4. *Кац Б.А.* Взаимодействие информационной системы ТОиР с другими АСУ предприятия // Автоматизация в промышленности. 2013. №8. С. 43 - 46.
5. *Антоненко И.Н., Кац Б.А.* Анализ рисков и электронный журнал дефектов //Химическая техника. 2013. №3. С.28-33.
6. *Комонюк О.* Как автоматизировать процессы материально-технического снабжения на предприятии // Генеральный директор. 2010. №8. С.46-51.
7. *Кац Б.А.* От информационной системы – к системе управления ТОиР // Автоматизация в промышленности. 2009. №9. С. 40 - 43.

***Кац Борис Арнольдович**– канд. техн. наук, ведущий специалист,*

***Молчанов Алексей Юрьевич**– канд. техн. наук, директор по разработкам НПП «СпецТек».*

E-mail: bkatz@spectec.ru mill@spectec.ru

Контактный телефон (812) 329-45-60.

Http://www.trim.ru