Анализ рисков и электронный журнал дефектов

И.Н. Антоненко (ООО «НПП «СпецТек»), **Б.А. Кац** (ООО «АйТиЭм»)

В целях охраны здоровья персонала и обеспечения производственной безопасности нормативные документы обязывают предприятия оценивать риски применительно к условиям труда, принимать меры к устранению или минимизации этих рисков. В этом случае для оценки риска определяются травмоопасность и опасность профзаболеваний в тех или иных условиях труда, при действии тех или иных опасных факторов и при эксплуатации тех или иных машин и (или) оборудования. С 15 февраля 2013 года введен в действие Технический регламент Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (далее – ТР). Этот документ дополняет сложившуюся практику акцентом на первоисточник рисков – то есть на сами машины и (или) оборудование.

Технический регламент Таможенного союза (ТС): кто должен оценивать риски?

В целом этот документ определяет, какой должна быть машина (или оборудование, или система машин и оборудования), чтобы она соответствовала минимально необходимым требованиям безопасности. Из этого вытекают требования, прежде всего к разработчику, проектировщику и изготовителю машины. Есть там требования и к другим лицам, в том числе к эксплуатирующей организации или предприятию, где оборудование используется по назначению.

В частности, в ч. 16 ст. 5 ТР установлено, что после проведения капитального ремонта оборудования должна проводиться оценка риска, значение которого не должно быть выше допустимого. При этом под риском понимается сочетание вероятности причинения вреда и последствий этого вреда для жизни или здоровья человека, имущества, окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений (абз. 25 ч.1 ст. 1 ТР).

Дается определение обязательному документу «Обоснование безопасности», сопровождающему оборудование на всех стадиях жизненного цикла. Этот документ должен дополняться сведениями о результатах оценки рисков на стадии эксплуатации после проведения капитального ремонта (абз. 14 ч.1 ст. 1 ТР).

На первый взгляд, регламент ТС сводит сферу применения оценки риска к моменту выполнения капремонта и позволяет забыть о рисках до следующего аналогичного ремонта. Однако, на наш взгляд, это не так. Это не соответствовало бы смыслу регламента, направленному на недопущение критических отказов, т.е. отказов, возможными последствиями которых является причинение вреда жизни или здоровью человека, имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений (абз. 6 ч.1 ст. 1 ТР). Риск таких отказов должен быть не выше допустимого на всех стадиях жизненного цикла (абз. 3 ч.1 ст. 1 ТР), таким образом, и в промежутке между двумя капитальными ремонтами тоже. Следовательно, риск необходимо оценивать в течение всего времени эксплуатации, в том числе в ходе использования оборудования по назначению.

Кто должен оценивать этот риск на этапе эксплуатации? Регламент не дает прямого ответа на этот вопрос. Согласно ч. 7 ст. 4 ТР, разработку документа «Обоснование безопасности» с анализом риска осуществляет разработчик (проектировщик) оборудования. Согласно ч. 4 ст. 5 ТР, изготовитель проводит оценку риска оборудования перед выпуском в обращение. По смыслу этих статей, на этапе эксплуатации оценка риска должна производиться сервисной организацией, осуществляющей обслуживание и ремонт, либо эксплуатирующей организацией – владельцем машин и оборудования. Эксплуатирующая организация (предприятие) прямо заинтересована в том, чтобы такая оценка проводилась и в ходе использования оборудования по назначению, поскольку от этого зависит уровень аварийности и травматизма на предприятии.

Полные требования к документу «Обоснование безопасности» находим в ГОСТ Р 54122–2010 «Безопасность машин и оборудования. Требования к обоснованию безопасности». В п. 6.6.4 этого стандарта находим, что при оценке риска используются статистические данные по аварийности и надежности. А п. 6.8 стандарта полностью посвящен ведению документа «Обоснование безопасности» на этапе эксплуатации, т.е. ведению документа эксплуатирующей организацией (владельцем оборудования). В частности, согласно п. 6.8.1.6, в этом документе должно быть показано, как при составлении графика технического обслуживания и планов планового ремонта учитывается накопленный опыт эксплуатации оборудования и систем объекта.

Таким образом, предприятие должно собирать, накапливать, обрабатывать, анализировать и использовать данные о надежности и истории эксплуатации, оценивать с их помощью риски и учитывать оценку рисков при составлении графиков технического обслуживания и ремонта. Одним из способов оценки риска является обработка и анализ потока дефектов на оборудовании.

Что такое дефект, и как он связан с риском

Согласно восстановленному ГОСТ 27.002–89 (приказ Росстандарта №1843-ст от 29.11.2012), дефект – это каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям (п. 3.1). В ГОСТ Р ИСО 9000–2008 дефект определяется как невыполнение требова-

ния, связанного с предполагаемым или установленным использованием. В то же время согласно п.3.3 ГОСТ 27.002–89, отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Под работоспособным состоянием понимается состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации (п. 2.3 ГОСТ 27.002–89).

Таким образом, например, для насоса отказ – это не только полное прекращение подачи жидкости, но и, например, снижение подачи жидкости ниже необходимой. Таким образом, не всякий дефект является отказом, но многие дефекты являются предвестниками отказа. Примеры дефектов – растрескивание вала, деформация штока, люфт передачи, течь масла, прокол трубопровода, окисление контакта и т.д.

Очевидно, что возникновение дефекта, предвещающего появление критического отказа, свидетельствует о возрастании риска. И наоборот, дефект, не предвещающий никакого отказа, не влияет на величину риска. Такой простейший анализ потока дефектов позволяет качественно оценивать риск.

Для количественной оценки используются методики балльной оценки, описанные, например, в ГОСТ Р 51814.2–2001 «Системы качества в автомобилестроении. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов» и ГОСТ Р 27.310–95 «Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов».

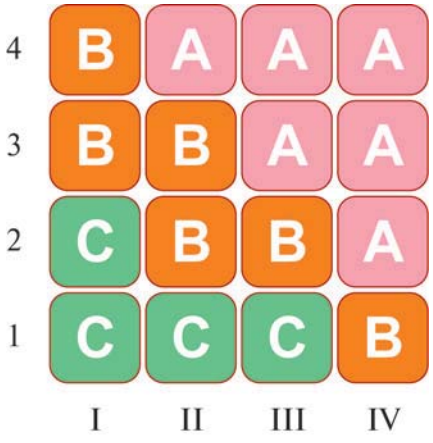

Рис. 1. Матрица «Вероятность отказа – тяжесть последствий»

Таблица 1

Классификация дефектов по тяжести последствий

Класс дефекта	Характеристика тяжести последствий отказа
IV	Катастрофический дефект. Дефект является предвестником отказа, влекущего за собой значительный ущерб оборудованию и/или окружающей среде, гибель или тяжелые травмы людей, срыв выполнения производственного задания
III	Критический дефект. Дефект является предвестником отказа, влекущего за собой значительный ущерб оборудованию и/или окружающей среде, срыв выполнения производственного задания, но не создающего угрозу жизни и здоровью людей
II	Значительный дефект. Дефект является предвестником отказа, влекущего за собой задержку выполнения производственного задания, снижение готовности и эффективности оборудования, но не представляющего опасности для окружающей среды, самого оборудования и здоровья людей
I	Малозначительный дефект. Дефект является предвестником отказа, не представляющего опасности для окружающей среды, здоровья людей, эффективности оборудования и выполнения производственного задания.

Таблица 2

Группы вероятности отказов

Группы вероятности отказов	Качественное описание вероятности того, что данный дефект приведет к отказу
4	Отказ обязательно произойдет в течение короткого срока
3	Отказ может произойти, а может не произойти до очередного обслуживания и ремонта
2	Возможен отказ в течение срока службы оборудования
1	Отказ настолько маловероятен, что вряд ли будет наблюдаться даже один раз за срок службы

Качественную оценку риска можно проводить на основе матрицы «Вероятность отказа – тяжесть последствий», формирование которой описано в последнем ГОСТе. Возможный вид такой матрицы для дефектов показан на рис. 1.

По горизонтальной оси матрицы расположены классы дефектов по возможным последствиям, а по вертикальной – группы вероятности возникновения отказа. Числовые значения поясняются в табл. 1, 2.

На основании матрицы формируются группы риска:

А – дефект должен быть немедленно устранен; В – устранение дефекта должно быть внесено в план ближайшего ремонта или обслуживания; С – дефект можно не устранять, продолжить эксплуатацию оборудования.

Что такое журнал дефектов

Для фиксации дефектов и работ по их устранению используется так называемый журнал дефектов (ЖД). Первоначально это был бумажный журнал, в который по определенным правилам заносились сведения об обнаруженных дефектах и об их устранении. Использование ЖД

всегда было обязательно на электростанциях и в электросетях, где это регламентировано руководящими документами (в частности, Правилами технической эксплуатации электроустановок). Другие отрасли промышленности приходят к необходимости использовать ЖД.

Как правило, в случае ведения ЖД в бумажном виде ограничиваются следующими сведениями:

- оборудование, на котором обнаружен дефект;
- описание внешнего проявления дефекта;
- кто и когда обнаружил дефект;
- плановая дата устранения, кому поручено устранить дефект;
- пометка об устранении.

С появлением средств вычислительной техники на рабочих местах эксплуатационного и ремонтного персонала начинают появляться электронные версии ЖД. Иногда электронный журнал дефектов (ЭЖД) представляет собой самостоятельную программу, но в большинстве случаев ЭЖД реализуется как часть информационной системы управления ТО и ремонтами (ИСУ ТОиР). ЭЖД стал включаться в состав первых ИСУ ТОиР еще в 80-х годах прошлого века, и уже тогда проявились основные достоинства, которые дает переход к «электронному» ведению журнала дефектов.

Электронный журнал дефектов и его достоинства

Примером информационной системы управления ТОиР с электронным журналом дефектов является программный комплекс TRIM. Характеристика такого рода систем, описания проектов их внедрения приведены в публикациях [1–4].

Дежурная смена регистрирует дефекты в информационной системе (круглосуточно). При этом дефект привязывается к оборудованию, заранее учтенному в базе данных. Затем (на своем рабочем месте) начальник или заместитель начальника соответствующего цеха назначает мастера, ответственного за устранение дефекта, и указывает плановые сроки устранения. Мастер видит задание на своем компьютере. По окончании работы он делает отметку о выполнении, затем дефект принимает дежурная смена. При необходимости информационная система «помогает» составить наряд на безопасное выполнение работ, акт дефектации и акт выполненных работ.

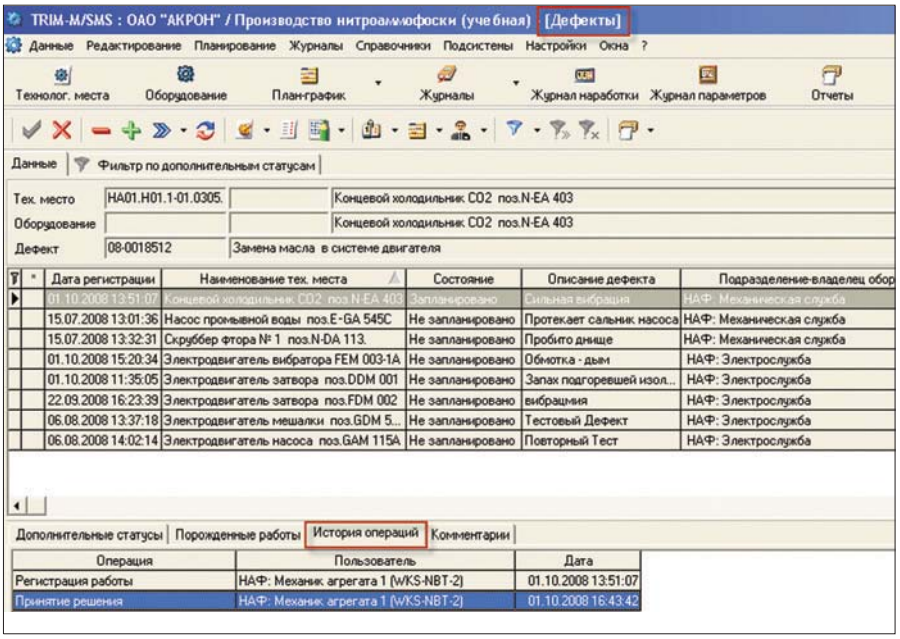

Рис. 2. Журнал дефектов в ИСУ ТОиР TRIM компании «Акрон»

Опыт внедрения комплекса TRIM показал, что функциональность ЭЖД оказалась востребованной и успешно используется в самых различных отраслях промышленности, в том числе в химии (рис. 2).

Наиболее очевидные преимущества ЭЖД – прозрачность процесса регистрации и устранения дефектов, повышение оперативности взаимодействия персонала. Но при переходе к ЭЖД появляются совершенно новые возможности, отсутствовавшие при бумажном ведении ЖД. Существенным обстоятельством является то, что в ЭЖД оператор не вводит вручную наименование оборудования, фамилии персонала и прочие реквизиты, а выбирает их

№ п/п	Наименование в справочнике	Кол-во дефектов	Обозначение на графике
	Справочник : Класс дефекта		
1	Значительный дефект	278	2_Значительный де
2	Малозначительный дефект	265	1_Малозначительны
3	Критический дефект	40	3_Критический деф
4	Катастрофический дефект	31	4_Катастрофически
	_Не заполнено	1	Не заполнено

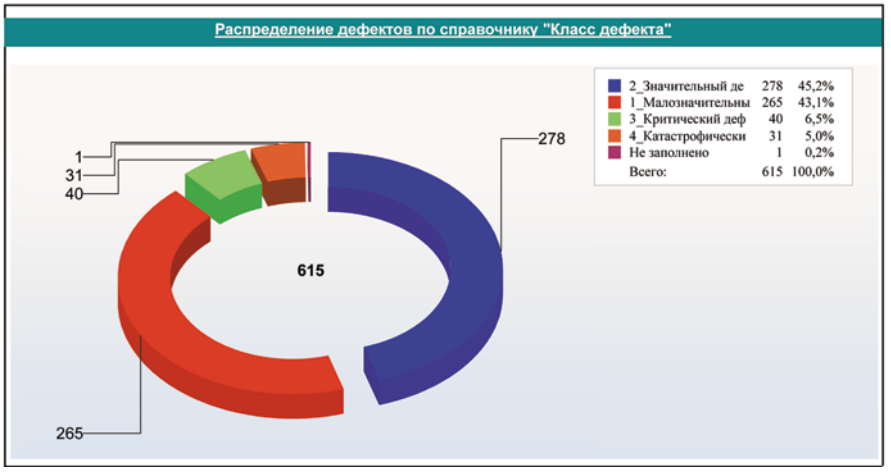

Рис. 3. Статистика дефектов по классам тяжести последствий

№ п/п	Наименование в справочнике	Кол-во дефектов	Обозначение на графике
	Справочник : Коренная причина дефекта		
1	Естественный процесс старения	303	15_Естественный пр
2	Недостатки конструкции объекта	132	13_Недостатки конс
3	Нарушение правил эксплуатации	131	12_Нарушение прави
4	Ошибки при изготовлении или сборке объекта	21	14_Ошибки при изго
5	Недостатки ТОиР	16	11_Недостатки ТОиР
	_Не заполнено	12	Не заполнено

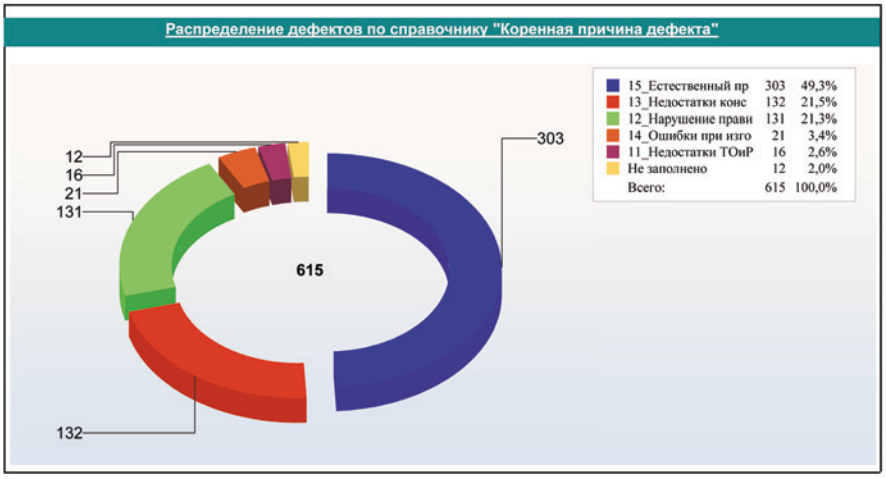

Рис. 4. Анализ дефектов по причинам их возникновения

№ п/п	Наименование в справочнике	Кол-во дефектов	Обозначение на графике
	Справочник : Последствия дефекта		
1	Без последствий	402	21_Без последствий
2	Простой агрегата	123	23_Простой агрегат
3	Недовыработка продукции	58	22_Недовыработка п
4	Простой технологической линии	32	24_Простой техноло

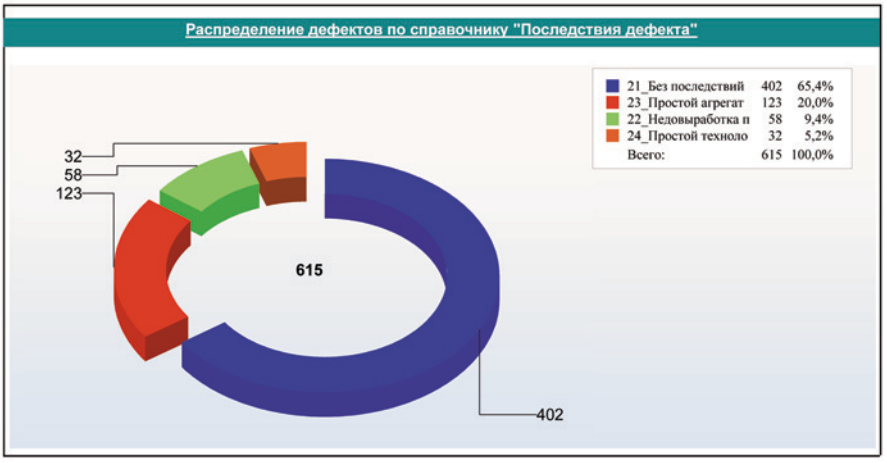

Рис. 5. Анализ дефектов по последствиям

из заранее заполненных справочников. Тем самым обеспечивается однозначная привязка дефекта к оборудованию и лицам, обнаружившим и устранившим дефект.

С помощью ЭЖД легко проследить «историю болезни» единицы оборудования, обнаружить ранее встречавшиеся («повторные») дефекты, найти единицы оборудования с наибольшим числом дефектов. В продвинутых вариантах ЭЖД (в том числе в ЭЖД системы TRIM) пользователь имеет возможность классификации дефекта с помощью нескольких справочников: по классам (рис. 3), проявлениям (симптомам), видам дефектов, их причинам (рис. 4) и последствиям (рис. 5). 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 количестве оборудования ЭЖД является необходимым для того, чтобы эта деятельность была реально выполнимой.

Другие возможности ЭЖД

При использовании ЭЖД появляется возможность оперативного расчета различных показателей эффективности для процесса обнаружения и устранения дефектов.

К числу таких показателей можно отнести, например, следующие:

- число не устраненных дефектов с просроченными сроками устранения (в целом по предприятию, по цехам и участкам (бригадам), по видам оборудования);
- число повторных дефектов,
- распределение дефектов по видам, по причинам, по последствиям,
- затраты на устранение дефектов и отказов,
- распределение оборудования по числу дефектов на нем.

Обсуждение использования показателей эффективности приведено в работе [5].

Как и для любых показателей эффективности, возможны различные варианты вычисления и мониторинга этих показателей. Основные способы:

- с помощью системы отчетов по базе данных,
- с помощью программных средств, встроенных в программу ведения ЭЖД,
- с помощью специализированных автономных программ анализа данных.

Использование ЭЖД совместно с другими подсистемами ИСУ ТОиР

Известны случаи, когда ЭЖД существует как отдельная, автономная программа. Но преимущества ЭЖД могут быть реализованы в полной мере только в том случае, если он реализован как составная часть ИСУ ТОиР. Проиллюстрируем это на

примере ЭЖД комплекса TRIM. 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 в комплексе TRIM попадает в общий план-график работ. 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.

Сопряжение ЭЖД с другими информационными системами предприятия

Дополнительные преимущества ЭЖД появляются при его использовании совместно с другими автоматизированными системами предприятия, такими, как системы обнаружения отказов (в составе АСУ ТП), системы диагностики, и т.п.

Одно из интересных направлений развития функциональности ЭЖД – автоматический импорт из АСУ ТП сообщений об отказах оборудования. Эти данные могут заноситься в ИСУ ТОиР в виде записей в ЭЖД, и далее они обрабатываются точно так же, как и занесенные вручную. При этом можно сопоставлять отказы с предшествовавшими им неустраненными дефектами.

Еще одно направление – сопряжение ИСУ ТОиР с системами диагностики. Один из реализованных проектов такого рода – совместное использование комплекса TRIM и средств вибродиагностики фирмы BACT (программа DREAM). С помощью специально разработанной программы-конвертора данные о результатах виброизмерений записываются в Журнал измерений комплекса TRIM, а рекомендации, формируемые в программе вибродиагностики («перевести оборудование в режим подконтрольной эксплуатации», «запланировать ремонт», «немедленно вывести из эксплуатации» и т.п.), порождают соответствующие записи в ЭЖД. Далее зарегистрированные дефекты обрабатываются обычным образом, причем окончательное решение о необходимости, объеме и сроках проведения соответствующих работ остается за человеком.

От ЭЖД к базе знаний по дефектам и отказам

Существует глубокая аналогия между процессом поддержания работоспособности оборудования и процессом лечения человека. Как невозможно определение диагноза, а, следовательно, и качественное лечение без сбора данных о ходе болезни (анамнезе), так и надежная, безопасная эксплуатация оборудования невозможна без наличия его «медицинской карты», в которой отражены его характеристики, история дефектов, отказов и ремонтов.

При лечении человека, помимо данных из его истории болезни, используется не только опыт врача по лечению аналогичных заболеваний, но и рекомендации, содержащиеся в медицинской литературе. Что же может помочь «доктору Хаусу от инженерии» при «лечении» оборудования?

Пусть обнаружен дефект оборудования, и нам известны его проявления в виде совокупности некоторых симптомов. По аналогии с медициной, нам хотелось бы воспользоваться накопленными знаниями по «лечению» такого оборудования. Одна часть этих знаний – наш собственный опыт по обнаружению и устранению дефектов на аналогичном оборудовании, вторая – это рекомендации изготовителя оборудования.

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). При этом нетрудно отделить только те дефекты, которые обладают теми же или аналогичными проявлениями. Исходя из полученных таким образом сведений, можно прогнозировать (по аналогии с ранее возникавшими аналогичными дефектами) уже сами дефекты, и не только возможный вид дефекта, но и ресурсы, которые могут потребоваться для его устранения.

В инструкциях по эксплуатации различного оборудования многие зарубежные фирмы-изготовители приводят рекомендации по устранению дефектов. Как правило, эти рекомендации представлены в виде таблицы, в первом столбце которой приведены «симптомы» (внешние проявления) дефекта, во втором – возможные причины, в третьем – способы устранения. К сожалению, отечественные изготовители очень редко используют подобную практику. Как использовать такие рекомендации наряду с имеющимся у нас опытом? Можно ввести в ЭЖД, помимо реальных дефектов, еще и «потенциальные», то есть те, которые не происходили, но могли произойти. Эти дефекты следует привязать к оборудованию соответствующей модели и указать все данные из рекомендаций изготовителя (в том числе проявления дефекта, его вид и рекомендации по его устранению). Если такая работа проведена заранее, то при отборе дефектов, аналогичных возникшему, мы получим как дефекты, ранее зарегистрированные на оборудовании данной модели, так и «потенциальные».

Совокупность «потенциальных дефектов» не обязана исчерпываться сведениями, приведенными в инструкциях завода-изготовителя. Предприятие на основании собственного опыта может расширять

этот набор, а также уточнять перечень рекомендуемых действий по устранению дефектов. В состав реквизитов «потенциальных дефектов» могут быть включены и такие, как возможные последствия и риск возникновения отказов.

Заключение

Мы рассмотрели один из важных элементов автоматизации управления активами предприятия – Электронный журнал дефектов. Опыт его использования показывает, что применение ЭЖД предоставляет эффективные средства как для облегчения труда ремонтного и эксплуатационного персонала, так и для анализа состояния оборудования, улучшения практик его обслуживания, оценки риска и повышения безопасности при его эксплуатации.

В теории изобретательства известен принцип «вчера в самолете – завтра в трамвае». Эта краткая формулировка обозначает тот факт, что опыт передовых отраслей подсказывает тенденцию и перспективы того, что будет в обозримом будущем использоваться и в тех отраслях, которые сегодня далеко отстают от лидеров. И если сегодня количество предприятий, на которых успешно используется ЭЖД, не превышает нескольких сотен, то в перспективе применение ЭЖД на предприятии будет таким же самоочевидным, как и наличие средств автоматизации бухгалтерского и складского учета.

Список литературы

1. *Данилов О.Е.* Система технического менеджмента TRIM для предприятий нефтехимической отрасли//Химическая техника. 2003. №4. С. 4–6.

2. *Антоненко И.Н.* Управление техобслуживанием и ремонтом химического предприятия: нужна ли автоматизация? //Химическая техника. 2004. №3. С. 6–8.

3. *Комонюк О.В.* Технология автоматизации процесса управления техническим обслуживанием на предприятии// Химическая техника. 2004. №6. С. 3–-5.

4. *Антоненко И.Н.* Ремонты и техническое обслуживание: какое программное обеспечение использовать для управления?//Химическая техника. 2009. №1. С. 15–20.

5. *Кац Б.А.* От информационной системы – к системе управления ТОиР// Главный механик. 2009. №11. С. 60–65.