

УДК 637.1/3

Анализ рисков и электронный журнал дефектов

Канд. техн. наук **И.Н.АНТОНЕНКО**
ООО «НПП «СпецТек»

Канд. техн. наук **Б.А.КАЦ**
ООО «АйТиЭм»

КТО ДОЛЖЕН ОЦЕНИВАТЬ РИСКИ?

В целом технический регламент определяет, какой должна быть машина (оборудование, система машин и оборудования), чтобы она соответствовала минимально необходимым требованиям безопасности. Из этого вытекают требования прежде всего к разработчику, проектировщику и изготовителю машины. Есть требования и к эксплуатирующей организации, где оборудование используется по назначению.

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

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).

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 соответствовало бы смыслу регламента, направленному на недопущение критических 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). Риск таких отказов должен быть не выше допустимого на всех стадиях жиз-

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 рисков. Для оценки риска определяется травмоопасность и опасность профзаболеваний в тех или иных условиях труда, при действии опасных факторов и эксплуатации машин и (или) оборудования.

С 15 февраля 2013 г. вступает в силу Технический регламент Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011). Этот документ дополняет сложившуюся практику акцентом на первоисточник рисков, т.е. машины и (или) оборудование.

ненного цикла (абз. 3 ч. 1 ст. 1), т.е. 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 разработку документа «Обоснование безопасности» с анализом риска осуществляет разработчик (проектировщик) оборудования. Согласно ч. 4 ст. 5 изготовитель проводит оценку риска оборудования перед выпуском в обращение. По смыслу этих статей на этапе эксплуатации оценку риска должна производить сервисная организация, осуществляющая обслуживание и ремонт, либо эксплуатирующая организация. В любом случае 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. Кому же в таком случае ее проводить, как не самому предприятию?

Полные требования к документу «Обоснование безопасности» содержатся 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. Таким образом, предприятие должно собирать эти данные, накапливать их, обрабатывать, анали-

зировать и использовать при оценке риска. Одним из направлений деятельности являются обработка и анализ потока дефектов на оборудовании.

СВЯЗЬ ДЕФЕКТА С РИСКОМ

По определению ГОСТ Р 53480–2009, дефект – это невыполнение требования, связанного с предполагаемым или установленным использованием оборудования. Аналогичное определение дефекту дается в ГОСТ Р ИСО 9000–2008. В то же время согласно ГОСТ Р 53480–2009 отказ – это потеря способности изделия выполнить требуемую функцию. Например, отказ для насоса – не только полное прекращение подачи жидкости, но и уменьшение подачи жидкости ниже необходимой. Таким образом, не всякий дефект является отказом, но многие дефекты – предвестники отказа. Примеры дефектов – растрескивание вала, деформация штока, люфт передачи, течь масла, прокол трубопровода, окисление контакта и т.д.

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 используют методики балловой оценки, описанные, например, в ГОСТ Р 51814.2 «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».

Качественную оценку риска можно проводить с помощью матрицы «Вероятность отказа – тяжесть последствий», формирование которой описано в ГОСТ Р 27.310–95. Вариант такой матрицы для дефектов показан на рис. 1.

По ее горизонтальной оси расположены классы дефектов по возможным последствиям, по вертикальной – группы вероятности возникновения отказа. Числовые значения поясняются в таблицах.

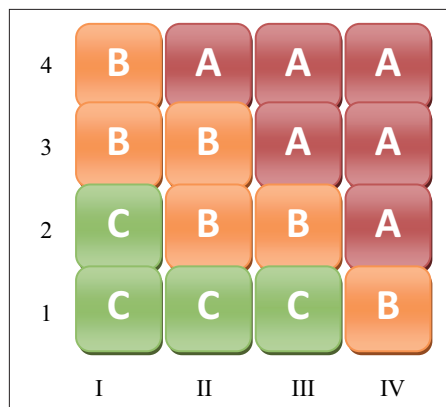


Рис. 1. Матрица «Вероятность отказа – тяжесть последствий»

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.

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

Классификация дефектов по тяжести последствий

Класс дефекта	Характеристика тяжести последствий отказа
IV	Катастрофический 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. 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. 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. Является предвестником отказа, не представляющего опасности для окружающей среды, здоровья людей, эффективности оборудования и выполнения производственного задания

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.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ ДЕФЕКТОВ

С появлением средств вычислительной техники на рабочих местах эксплуатационного и ремонтного персонала начинают появляться электронные версии ЖД. Иногда электронный журнал дефектов представляет собой самостоятельную программу, но в большинстве случаев ЭЖД реализуется как часть информационной системы управления техническим обслуживанием и ремонтами (ИСУ ТОиР). Электронный журнал дефектов стали включать в состав первых ИСУ ТОиР в 1980-х годах, и уже тогда проявились основные достоинства перехода к электронному ведению журнала дефектов.

Дефекты регистрирует дежурная смена (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 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.

Опыт внедрения комплекса TRIM показал, что функциональность ЭЖД оказалась востребованной и успешно используется в различных отраслях. ЭЖД, внедренный на ОАО «Беллакт» (Беларусь) используется для регистрации дефектов оборудования переработки молока и управления работами по устранению этих дефектов (рис. 2). На заводе «Валио-Одинцово» ЭЖД применяется для управления выполнением работ по устранению дефектов и отказов оборудования при производстве сыра [1], в компании «Инталэкс» (Москва) – для сбора заявок о требуемых работах по обслуживанию инженерных систем зданий.

Наиболее очевидные преимущества ЭЖД – прозрачность процесса регистрации и устранения дефектов, повышение оперативности взаимодействия персонала. Но при переходе к ЭЖД появляются новые возможности. Оператор не вводит вручную наименование оборудования, фамилии персонала и прочие реквизиты, а выбирает их 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 количеством дефектов. В продвинутых вариантах ЭЖД (в том числе системы TRIM) пользователь имеет возможность классификации дефекта с помощью нескольких справочников: по классам, видам, проявлениям (симптомам) дефектов, их причинам и последствиям (рис. 3, 4, 5). ЭЖД становится инструментом для автоматизированного анализа повреждаемости и оценки риска при планировании работ по устранению зарегистрированных в ЭЖД дефектов. При большом количестве оборуду-

Группы вероятности отказов

Группа 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

дования ЭЖД является необходимым для того, чтобы эта деятельность была реально выполнимой.

Использование ЭЖД позволяет осуществлять оперативный расчет различных показателей эффективности для обнаружения и устранения дефектов. К таким показателям можно отнести:

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

Обсуждение использования показателей эффективности приведено в [2].

Как и для любых показателей эффективности, возможны различные вари-

анты их вычисления и мониторинга. 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 важно то, что реквизиты дефекта заполняются с использованием общих спра-

вочников ИСУ ТОиР, и дефект прежде всего 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 аварийном (неплановом) ремонте может оказаться, что

Рис. 2. Фрагмент ЭЖД в ИСУ ТОиР молочного комбината «Беллакт»

№ 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_Катастрофическ
	_Не заполнено	1	Не заполнено

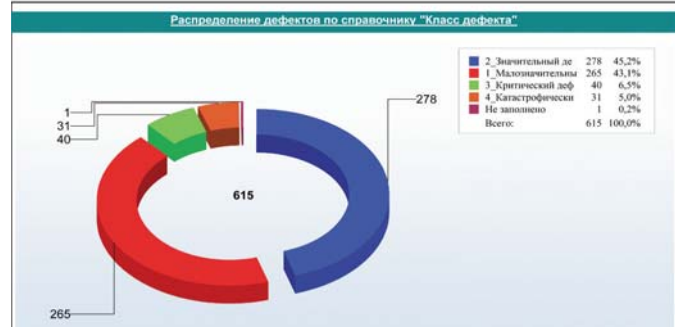


Рис. 3. Статистика дефектов по классам тяжести последствий

№ 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

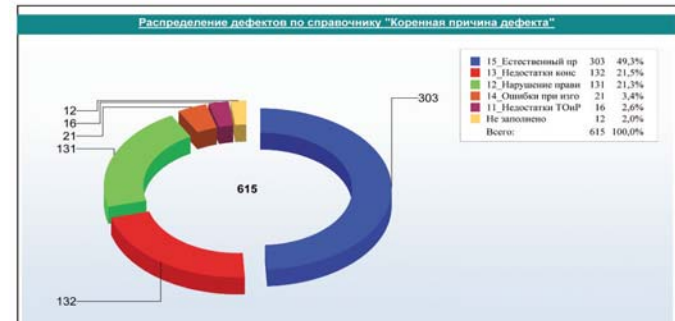


Рис. 4. Анализ дефектов по причинам их возникновения

№ 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

его объем равен или превосходит объем ближайшего планового ремонта. В этом случае плановый ремонт может оказаться избыточным, т.е. 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 ИТ-СИСТЕМАМИ

Дополнительные преимущества ЭЖД появляются при его использовании совместно с системами обнаружения отказов (в составе АСУ ТП), 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 обрабатываться 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 ВАСТ (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, качественное лечение без сбора данных о ходе болезни (анамнезе), так

и надежная, безопасная эксплуатация оборудования невозможна без наличия «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?

Допустим, обнаружен дефект оборудования и 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 – рекомендации изготовителя оборудования. Данные, накопленные в ЭЖД, весьма обширны и при соответствующей систематизации представляют собой ценный материал для анализа. Так, например, в базе данных ИСУ ТОиР Северо-Западной ТЭЦ содержится более 23 тыс. записей о дефектах и отказах (с 2002 г.), а в ЭЖД ОАО «Беллакт» за несколько месяцев эксплуатации накоплено более 600 записей.

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, той же марки). При этом нетрудно отделить дефекты, которые обладают теми же или аналогичными проявлениями. Исходя из полученных 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 рекомен-

дации наряду с имеющимся у нас опытом? Можно ввести в ЭЖД помимо реальных дефектов еще и «потенциальные», т.е. которые не происходили, но могли произойти. Эти дефекты следует привязать к оборудованию соответствующей модели и указать в них все данные из рекомендаций изготовителя (в том числе проявления дефекта, его вид и рекомендации по 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 возможные последствия и риск возникновения отказов.

Мы рассмотрели один из важных элементов автоматизации управления активами предприятия – электронный журнал дефектов. Опыт 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 эксплуатации. Опыт передовых отраслей подсказывает тенденцию и перспективы того, что будет в обозримом будущем использоваться в отраслях, которые сегодня далеко отстают от лидеров. И если пока количество компаний, на которых успешно используется ЭЖД, не превышает нескольких сотен, то в перспективе ЭЖД будет таким же самоочевидным, как и наличие на предприятии средств автоматизации бухгалтерского и складского учета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Антоненко И.Н., Крюков И.Э.** Управление ремонтами и ТО в информационной системе предприятия // *Молочная промышленность*. 2009. № 8.
2. **Кац Б.А.** От информационной системы – к системе управления ТОиР // *Автоматизация в промышленности*. 2009. № 9.
3. **Сайт фирмы НПП «СпецТек»** www.trim.ru

