

УДК 004.77:338.32

# ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗУЕМОСТИ РЕМОНТА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

**Антоненко И. Н.**, канд. техн. наук, начальник отдела маркетинга

E-mail: antonenko@spectec.ru

НПП «СпецТек», Санкт-Петербург

197022, Санкт-Петербург, а/я 166

*Достижения в области технической диагностики и методов неразрушающего контроля обеспечивают технологическую реализуемость ремонта по техническому состоянию. Однако существующие на предприятии проблемы в организации технического обслуживания и ремонта могут воспрепятствовать его фактической реализации. В статье рассмотрены эти проблемы, а также даны рекомендации, как их решить.*

**Ключевые слова:** ТОиР, виды ремонта, ремонт по техническому состоянию, RCM, информационные системы, мобильные приложения.

## ORGANIZATIONAL PROBLEMS OF CONDITION-BASED MAINTENANCE REALIZABILITY

**Antonenko I. N.**, Ph. D. tech. Sciences, head of marketing department

NPP SpetsTek, St. Petersburg

*Achievements in the field of technical diagnostics and non-destructive testing methods ensure the technological feasibility of condition-based maintenance. However, the existing problems in the organization of maintenance and repair at the enterprise may prevent its actual implementation. The article discusses these problems and provides recommendations on how to solve them.*

**Key words:** MRO, types of repairs, condition-based maintenance, RCM, information systems, mobile apps.

Современный подход к организации технического обслуживания и ремонта (ТОиР) основан на комплексном применении различных видов ТОиР. В российских нормативно-технических документах этот подход называется техническим обслуживанием, ориентированным на обеспечение безотказности [1]: это техническое

обслуживание, основанное на методологии определения оптимального набора операций ТО и частоты их применения, с учетом вероятностей и последствий отказов на любом уровне разукрупнения.

В других [2], главным образом являющихся переводом зарубежных документов, и, собственно, в зарубежных, этот

подход называется RCM (reliability-centered maintenance): методология выявления и выбора политики предупреждения отказов, нацеленной на эффективное обеспечение требуемых безопасности, готовности к экономичной эксплуатации изделий. Политика управления отказами может включать в себя действия по техническому обслуживанию (ТО), изменения правил применения, конструктивные доработки и другие действия (например, обучение персонала, изменения ремонтной документации).

Краеугольный камень RCM — это учет последствий отказа при разработке программ обслуживания и выборе соответствующей политики управления отказом. Выбранная политика должна быть применима и эффективна, затраты на ее использование должны быть соразмерны последствиям того вида отказа, в связи с которым она предусмотрена.

Далее будем рассматривать только политики, связанные с действиями по ТОиР. Исторически сложились три основных вида ТОиР [1]:

- аварийный ремонт;
- регламентированное ТОиР;
- ремонт по техническому состоянию.

Каждый из них включает в себя соответствующие правила, которые определяют, когда и в каком объеме выполняется ТОиР (таблица).

При RCM предполагается, что аварийный ремонт применяется в отношении того оборудования, отказ которого не влечет значимых последствий, либо послед-

ствия состоят исключительно в затратах на восстановление работоспособности. Условием применимости данного вида ТОиР является ненарушение требований промышленной безопасности. Рациональной предпосылкой его применения должно быть то, что гарантийный срок на оборудование истек. Данный вид ТОиР эффективен, если затраты на восстановление работоспособности меньше, чем затраты на предупреждающее ТОиР.

Регламентированное ТОиР применимо, если вероятность отказа растет с возрастом и существует устойчивая и предсказуемая связь между возрастом и вероятностью отказа. Оно эффективно, если его выполнение предупреждает отказ с сопутствующими затратами, меньшими, чем ущерб от отказа. Вывод в ремонт осуществляется независимо от фактического технического состояния оборудования на момент начала ТОиР.

Организация ремонта по техническому состоянию основана на П-Ф-кривой [3] (рис. 1). Последняя представляет собой модель изменения состояния оборудования от предотказного состояния (точка П, неисправность) до неработоспособного состояния (точка Ф, отказ). Точкой П считается состояние, когда предотказное состояние может быть обнаружено методами технической диагностики, поэтому ее положение зависит от эффективности метода обнаружения.

Ремонт по техническому состоянию (РТС) включает в себя операции контроля состояния с периодичностью  $t_0$  соглас-

### Виды ТОиР

Вид ТОиР	Начало ТОиР	Объем ТОиР
Аварийный ремонт	Событие отказа	По фактическим последствиям отказа
Регламентированное ТОиР	Момент исчерпания нормативного ресурса	По регламенту
Ремонт по техническому состоянию	Момент наступления предотказного состояния	По фактическому состоянию
Обслуживание, основанное на прогнозировании	Прогнозируемый момент наступления предотказного состояния	По прогнозируемому состоянию с коррекцией по факту

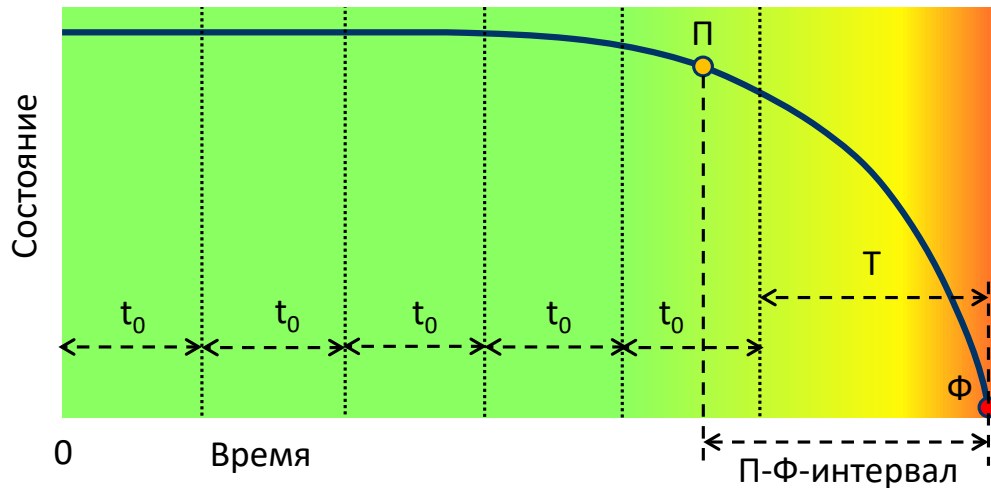


Рис. 1. Кривая П-Ф

но регламенту ( $t_0$  должен быть меньше П-Ф-интервала хотя бы в 2 раза), а после обнаружения точки П — собственно ремонт. Вывод в ремонт осуществляется в зависимости от технического состояния оборудования, чтобы проводить ремонт именно тогда, когда это действительно нужно, и в том объеме, который требуется по фактическому состоянию.

Этот вид ТОиР является применимым, если существует идентифицируемая точка П, которая может быть обнаружена, а П-Ф-интервал достаточно длительный, чтобы после обнаружения П осталось время Т, за которое можно успеть заказать и получить необходимые ресурсы, назначить исполнителей и начать ТОиР.

Возможен смешанный вид организации ТОиР, когда ремонт выполняется с периодичностью, установленной в регламенте, а объем ремонта формируется на основе требований эксплуатационной документации с учетом технического состояния оборудования.

Развитием идеи РТС является обслуживание, основанное на прогнозировании. В основу этого обслуживания положены алгоритмы обработки данных о техническом состоянии и выявления в них известных сигнатур отказа. При этом сбор данных осуществляется путем как периодического контроля, так и непрерывного

мониторинга. Обеспечивается более раннее выявление предотказного состояния и прогнозируется срок до отказа.

Что может произойти, когда мониторинг состояния сигнализирует, что обнаружена точка П? Персонал, который должен отреагировать на этот сигнал, зачастую слишком занят решением текущих проблем. По сравнению с ними, ожидающими своего решения срочно, сигналы мониторинга состояния слишком слабы. И этих сигналов слишком много.

Если персонал перегружен выполнением регламентных работ и аварийных ремонтов, то ему элементарно не до того, чтобы обрабатывать поток сигналов от работоспособного оборудования и беспокоиться о подшипнике, который может выйти из строя примерно через месяц. И через месяц он действительно выйдет из строя, а ремонтная служба получит задание на выполнение внеплановой работы. Круг замкнулся.

Исследования показывают [4], что в среднем почти половина (45%) деятельности по техническому обслуживанию и ремонту бесполезна. Зачастую значение показателя «инструментальное время» (wrench time), в течение которого обслуживающий персонал занят продуктивной работой, составляет около 30%, а 70% расходуется непродуктивно.

Причина в том, что персонал вынужден заниматься операциями, не добавляющими ценности, приводящими только к потерям. Классификация потерь при ТОиР приведена в статье [5]. В частности, это:

- задержки (ожидание инструктажа и выдачи наряда, ожидание отключений и транспортировки);
- перемещения (перемещения ремонтников по объектам или в поисках документов, запчастей, материалов и инструмента);
- транспортировка (потери времени на перемещение найденных инструментов, запчастей, материалов или самого оборудования);
- дополнительная обработка (лишние операции из-за несоответствующих инструментов или оснастки).

Как следствие, ремонтники не успевают выполнить значительную часть работ, растет объем отложенных работ и отклонение от графика ТОиР, снижается надежность и растет объем аварийных ремонтов.

Еще один вид потерь — перепроизводство, в данном случае выполнение ТОиР чаще, чем фактически нужно, выполнение дублирующих, а также ненужных работ, не связанных ни с каким видом отказа. Причины появления таких работ в программе ТОиР, рекомендованной производителем [5].

Избыточное обслуживание, с одной стороны, само по себе представляет собой непроизводительные потери. А с другой стороны, оно провоцирует отказы по причине ошибок и упущений ремонтного персонала. Избыточная замена элементов новыми (восстановленными старыми) увеличивает интенсивность «прирабочных отказов». Это опять же создает нагрузку на персонал, из-за которой не остается ресурсов на полноценную реализацию РТС.

Конечно, для этого нужно подготовить специалистов, обучить их методам неразрушающего контроля, научить использо-

вать системы технической диагностики, проводить анализ данных, вырабатывать рекомендации по объему и срокам выполнения ТОиР. Закупить и развернуть эти системы. Однако перед этим стоит выполнить ряд подготовительных мероприятий.

*Улучшить объемное и календарное планирование работ.*

От 30 до 40% всех потерь связаны с недостатками планирования. В свою очередь, эти недостатки могут быть связаны с тем, что руководство недооценивает роль планировщика. Это может выражаться: в отсутствии выделенной должности планировщика и выполнении его работы совместителями; в загрузке планировщика посторонней работой, в то время как он готов мириться с отвлечениями; в отсутствии у него инструмента для планирования, а именно — информационной системы [6].

К недостаткам планирования относится неясный объем работы, отсутствие необходимых запчастей и материалов в описании работы, неопределенность момента отключений и допуска к работе и т. д.

За счет улучшения планирования возможно повысить инструментальное время с 30 до 45%, что равноценно увеличению рабочей силы на 35%. Благодаря этому высвободится время, которое можно использовать на выполнение работ по техническому состоянию.

*Повысить качество рабочих процедур, идентификации запчастей и материалов.*

Выполнить работу правильно — значит, выполнить ее с первого раза без дефектов и последующих переделок, не тратя времени на выяснения, что нужно сделать и как. Это сократит соответствующие потери времени.

Основу правильного выполнения работ формируют стандартные операционные процедуры. Они также создают организационную основу для того, чтобы работы по ТОиР были не только выполнены, но и выполнены одинаковым образом разными работниками. Без них

невозможно уверенно идентифицировать коренную причину отказа, поскольку точно неизвестно, какие именно работы по ТОиР выполнялись и как.

Если при заказе запчасти потеряется какой-то ее атрибут, то может быть закуплена, оприходована и отпущена не та запчасть, которая нужна для выполнения данной работы. Либо, если запчасть закуплена правильно, ее атрибут может потеряться при оприходовании, и снова она может быть неправильно идентифицирована при подготовке к работе. Но такого не произойдет, если имеется единый для всех служб справочник материально-технических ресурсов [7].

Это все в совокупности высвободит время, чтобы заняться устранением дефектов и анализом коренных причин.

Внедрить устранение дефектов и анализ коренных причин.

Дефект — это каждое отдельное несоответствие объекта требованиям, установленным в документации. Дефектом является видимое повреждение объекта, протечка смазки или воды, утечка сжатого воздуха, определяемая на слух вибрация, которой не должно быть, и т. д. При этом дефект зачастую является предвестником отказа. Поэтому, чтобы не допустить отказа, следует организовать обходы и осмотры оборудования, которые как раз и имеют своей целью раннее выявление и своевременное устранение дефектов.

Основной проблемой обходов является влияние человеческого фактора. Действительно ли работник выполнил тот обход, о котором он внес запись в оперативный журнал? Соблюдал ли он маршрут обхода или отклонился от него? Он непосредственно осмотрел все объекты или на какой-то из них только взглянул издалека? Насколько точно он идентифицировал обнаруженную проблему?

Чтобы снизить влияние человеческого фактора, повысить выполняемость обходов, оперативность и достоверность получаемых по результатам обходов данных,

необходимо обеспечить обходчика мобильным устройством (смартфон, коммуникатор) с соответствующим приложением для выполнения обходов, и внедрить информационную систему поддержки обходов оборудования. Практика показывает, что это позволяет увеличить количество обнаруженных дефектов в несколько, а то и в десятки раз [8].

Если отказ все же произошел, должна быть запущена процедура анализа коренных причин, выработки корректирующих мероприятий и контроля их выполнения. 80% отказов оборудования на предприятии уже происходили ранее. Нужно устранить их раз и навсегда путем выявления и устранения коренных причин, а не устранять снова и снова.

Эти меры позволят сократить количество аварийных ремонтов и создать стабильную рабочую среду, более приспособленную для реализации РТС.

Оптимизировать программу регламентированного ТОиР.

Если позволяют нормативно-технические требования, а также условия поставки и гарантийного обслуживания оборудования, то целесообразно провести анализ программы регламентированного ТОиР и далее:

- удалить ненужные и дублирующие работы;
- удалить неэффективные работы, не влияющие на вероятность отказа;
- изменить содержание работ, которые оказались неприменимыми;
- изменить периодичность избыточных и недостаточных работ;
- добавить работы, предупреждающие отказы, упущенные производителем.

Типичный результат выполнения оптимизации приведен на рис. 2.

Хорошие программы обслуживания основаны на текущей оценке риска отказа [9]. При их разработке оценивают влияние каждой работы на величину риска, чтобы определить приоритетность работ и сконцентрировать ограниченные опе-



Рис. 2. Результат оптимизации программы регламентированного ТОuP

рациональные и инвестиционные ресурсы на выполнении наиболее приоритетных работ, добиться максимального эффекта в рамках ресурсных ограничений.

*Провести анализ критичности и приоритизацию.*

Различные объекты имеют разное значение в производственной системе, которое определяется важностью функции, которую они выполняют, и значимостью последствий (критичностью) их отказа, т.е. утраты способности выполнять требуемую функцию. В этом смысле можно отранжировать оборудование по критичности и выделить наиболее значимую часть [10]. Это позволит определить комплекс объектов, подлежащих контролю состояния в рамках РТС, и ограничить количество сигналов, получаемых от систем технической диагностики.

В свою очередь, не каждый вид отказа критичного объекта приводит к тому, что объект утрачивает способность выполнять требуемую функцию. Отказ может быть критическим и некритическим [11]. Необходимо учесть это обстоятельство,

чтобы определить приоритетность запросов на выполнение ремонта, сформированных по результатам контроля технического состояния. И соответственно, вносить эти работы в план на основании их приоритетности.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достижения в области технической диагностики и методов неразрушающего контроля обеспечивают технологическую реализуемость и в значительной степени применимость РТС.

Тем не менее РТС может и не сработать. Это может произойти, если РТС пытаются применить в нестабильной рабочей среде, которая характеризуется перманентными авральными работами, срывами графиков обслуживания, низкими показателями эффективности ремонтного персонала (инструментальное время).

Организация ремонта по техническому состоянию требует подготовки. Если этого не сделать, то внедрение РТС будет преждевременным и станет напрасной тратой времени и денег.

## Список литературы

1. ГОСТ 18322–2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2017. — 16 с.
2. ГОСТ Р 27.606–2013. Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность. М.: Стандартинформ, 2014. — 40 с.
3. ГОСТ Р 55.0.05–2016. Управление активами. Повышение безопасности и надежности активов. Требования. М.: Стандартинформ, 2016. — 10 с.
4. Maintenance Efficiency Report 2013: International study on development of maintenance efficiency in the process industry. Berlin: T. A. Cook & Partner Consultants GmbH, 2013. — 15 p.
5. Антоненко И. Н. Как правильно организовать техническое обслуживание и ремонт // Главный механик. — 2022. — № 9.
6. Антоненко И. Н. Информационная система ТОиР: задачи, возможности, внедрение // Главный энергетик. — 2021. — № 9. — С. 24–31.
7. Комонюк О. В. Как автоматизировать процессы материально-технического снабжения на предприятии // Генеральный директор. — 2010. — № 8. — С. 46–51.
8. Антоненко И. Н. Информационное сопровождение и управление деятельностью мобильного персонала // Главный механик. — 2020. — № 11. — С. 8–17.
9. Антоненко И. Н. Риск-ориентированное управление надежностью в контексте стандартов ISO 55000 // Управление качеством. — 2023. — № 12. — С. 12–23.
10. ГОСТ Р ИСО 17359–2015. Контроль состояния и диагностика машин. Общее руководство. М.: Стандартинформ, 2016. — 32 с.
11. ГОСТ Р 70841–2023 (ИСО 14224:2016). Нефтяная и газовая промышленность. Сбор и обмен данными по надежности и техническому обслуживанию оборудования. М.: Российский институт стандартизации, 2023. — 259 с.

## ВСЕ РИСКИ ПОД КОНТРОЛЕМ

ottbp.panor.ru

Уникальный производственно-технический журнал «Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях» посвящен актуальным вопросам охраны труда и безопасности на производстве в различных отраслях промышленности, а также новейшим разработкам в области средств индивидуальной и коллективной защиты, проблемам энергобезопасности.

Широкий охват тем, мониторинг основных тенденций развития и обзор последних научно-практических достижений в этой области позволяют в одном издании найти ответы на важные вопросы, связанные с повышением уровня безопасности на конкретном производстве.

**Редакционный совет:** Файнбург Г.З., д-р техн. наук, проф., директор Пермского краевого центра охраны труда и Института безопасности труда, производства и человека ПГТУ; Бабанов С.А., д-р мед. наук, проф. ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; Щербачев В.И., чл.-корр. Академии наук социальных технологий и местного

самоуправления, руководитель группы управления профессиональными рисками; Державец А.С., д-р техн. наук, проф., академик РАЕН и МАНЭБ; Вяткин Н.Л., д-р экон. наук, канд. техн. наук, техн. директор ЗАО «Взрывиспытания».

Издается при информационной поддержке ФГБУ «ВНИИ охраны и экономики труда» Минтруда России и Клинского института охраны и условий труда.

**Ежемесячное издание.**

**Распространяется по подписке и на отраслевых мероприятиях.**

## ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ

- Управление охраной труда
  - Аттестация рабочих мест
  - Управление профессиональными рисками
  - Новое в законодательстве
  - Надзор и контроль
  - Гигиена труда
  - Охрана труда и социальное партнерство
  - Инструкции по технике безопасности
  - Зарубежный опыт
- И другие рубрики.

ОХРАНА ТРУДА  
И  
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ  
НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ОХРАНА ТРУДА  
И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ  
НА ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЯХ



На правах рекламы

ТЕМА НОМЕРА:  
Охрана труда  
на опасных  
производственных  
объектах

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ



82721



П7217

Для оформления подписки через редакцию пришлите заявку в произвольной форме по адресу электронной почты [ropiska@panor.ru](mailto:ropiska@panor.ru) или позвоните по тел. 8 (495) 274-22-22 (многоканальный).