

УДК 658.588.8

<https://www.doi.org/10.47813/dnit-II.2023.7.418-427>

EDN [NQHVXO](#)



Стратегии технического обслуживания и ремонтов оборудования для применения на химическом предприятии

М.А. Насонов

Группа компаний Синтез ОКА, Портовое шоссе, дом 1Б, корпус 2, помещение 9,
г. Дзержинск, 606000, Россия

E-mail: alfa@nnovgorod.ru

Аннотация. В статье обозначена актуальность применения современных стратегий технического обслуживания и ремонтов оборудования для предприятий химической отрасли, использующих в своей деятельности положения единой системы планово-предупредительных ремонтов. Рассматриваются стратегии технического обслуживания, призванные повысить эффективность работы оборудования, приводится краткая характеристика каждой из них. Приводятся и кратко характеризуются задачи по реализации каждой из представленных в статье стратегий, приводятся примеры источников данных, используемых при наблюдении за техническим состоянием оборудования. Выделяются общие для всех стратегий задачи, повышающие эффективность применения стратегий. В заключении представлены выводы о целесообразности применения комплексной стратегии, включающей в свой состав различные стратегии обслуживания для разных категорий оборудования химического предприятия.

Ключевые слова: техническое обслуживание оборудования, ремонт оборудования, система технического обслуживания и ремонтов, стратегия технического обслуживания, оборудование химического производства.

Using maintenance and repair strategies for equipment in a chemical company

M.A. Nasonov

«Sintez OKA» group of companies, Portovoe shosse, building 1B, korp. 2, room 9,
Dzerzhinsk, 606000, Russia

E-mail: alfa@nnovgorod.ru

Abstract. The article indicates the relevance of the application of modern strategies for maintenance and repair of equipment for companies in the chemical industry, using in their activities the provisions of a unified system of preventive maintenance. The maintenance strategies designed to improve the efficiency of the equipment are considered, and a brief description of each of them is given. The tasks for the implementation of each of the strategies presented in the article are given and briefly characterized, examples of data sources used in monitoring the technical condition of equipment are given. Tasks common to all strategies are identified that increase the efficiency of applying strategies. In conclusion, conclusions are presented on the feasibility of applying an integrated strategy, which includes various maintenance strategies for different categories of equipment of a chemical company.

Keywords: equipment maintenance, equipment repair, maintenance and repair system, maintenance strategy, chemical production equipment.

1. Введение

Стратегии технического обслуживания (ТО) и ремонта (ТОиР) имеют решающее значение для поддержки оборудования в исправном состоянии. Разнообразие оборудования в химическом производстве требует не только специальных знаний и навыков для обслуживания и ремонта, но и отлаженную систему организации и управления мероприятиями ТОиР. Эффективные стратегии ТОиР могут обеспечить значительные преимущества для таких предприятий, а с развитием цифровых технологий задача внедрения эффективной стратегии ТОиР получает широкие возможности для ее реализации. Стратегии технического обслуживания оборудования в научной литературе представлены достаточно широко. Так, например, Гацковец П. в работе [1] приводит классификацию стратегий ТОиР и исследует каждую из них, опираясь на подробный анализ литературы. Всеобъемлющее исследование традиционных подходов к техническому обслуживанию оборудования с подробным описанием практики их применения представлено в работе Келли Э. [2]. Коллективом авторов работы [3] проведено исследование различных подходов, используемых для оптимизации технического обслуживания на химических предприятиях. Обсуждаются сильные и слабые стороны каждого из подходов и подчеркивается важность такой оптимизации для предприятий химической отрасли, в том числе в контексте обеспечения безопасности производства. Применение универсального количественного показателя оценки технического состояния оборудования при адаптации выбранной стратегии ТОиР к условиям предприятия предложено в исследовании Гаврелюка Е.А. и Манцера С.А. [4]. Иванов В.А. и Фещенко А.А. утверждают, что «выстраиваемая система ТОиР должна быть гибкой», а также «адаптивной ко всем возникающим ситуациям», построенной на принципах различных подходов [5]. Эти и другие исследования говорят о том, что при выборе стратегии ТОиР учитывается большое количество факторов, как внутренних, так и внешних по отношению к предприятию.

2. Постановка задачи

В настоящее время многие отечественные химические предприятия в деятельности по организации ремонтов и обслуживания оборудования используют положения единой системы (ЕС) ТОиР [6]. В основе этих положений лежат принципы единой системы планово-предупредительных ремонтов (ЕС ППР), активно применявшейся на предприятиях несколько десятилетий назад. За прошедшие десятилетия облик промышленных предприятий химической отрасли во многом

изменился: совершенствуются технологии производства, внедряются инновационные материалы, обновляется парк технологического оборудования, в производстве активно используются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), развиваются процессы компьютерной обработки данных о состоянии производства, повсеместно внедряются средства мониторинга процессов и диагностики оборудования, активно стали внедряться в производство цифровые технологии. При этом, нормы обслуживания оборудования и подходы к организации проведения работ в унаследованных положениях ЕС ППР не претерпели значительных изменений, а для нового высокотехнологичного оборудования нормы обслуживания в ЕС ТОиР вовсе отсутствуют. В этих условиях для предприятий актуальной задачей является трансформация стратегии ТОиР и переход к более эффективным процессам эксплуатации и обслуживанию оборудования.

3. Методы и материалы исследования

Существует несколько основных стратегий ТОиР, которые могут использоваться предприятиями для обеспечения эффективности ТОиР оборудования химического производства. Рассмотрим основные из них.

Профилактическое обслуживание (PM – preventive maintenance). Эта стратегия основана на том, что регулярное техническое обслуживание может помочь предотвратить поломки и другие проблемы с оборудованием до того, как они произойдут. Стратегия профилактического обслуживания является основой системы ППР и включает в себя регулярное планирование и исполнение мероприятий ТОиР, направленных на предотвращение поломок и сведение к минимуму риска отказа оборудования (таблица 1).

Таблица 1. Задачи стратегии профилактического обслуживания.

Задача	Характеристика
Нормирование циклов обслуживания	Определение видов обслуживания, расчет норм на межремонтное обслуживание, составление перечня плановых мероприятий на каждый из видов обслуживания.
Ведение графика обслуживания на период	Создание графика технического обслуживания. Этот график основывается на нормах межремонтного цикла обслуживания оборудования, рекомендациях производителя и других

эксплуатации оборудования	факторах. График технического обслуживания должен быть гибким и позволять вносить коррективы по мере необходимости.
Осмотры на регулярной основе	Регулярные осмотры являются ключевой частью этой стратегии. Осмотры могут помочь выявить проблемы на ранней стадии и предотвратить возникновение более серьезных проблем, при осмотрах обслуживающий персонал должен выявлять признаки износа, повреждений и других проблем.
Профилактическое обслуживание	Мероприятия профилактического обслуживания могут различаться в зависимости от обслуживаемого оборудования. Тем не менее, некоторые общие задачи включают в себя: смазку движущихся частей; замену фильтров; очистку оборудования; проверку и подтяжку электрических соединений; проверку уровня жидкости; калибровку датчиков и другого оборудования.
Документирование	Ведение подробных записей необходимо для успешной реализации стратегии. Работники должны документировать все результаты выполненных мероприятий ТОиР, а также любые выявленные проблемы. Эти записи могут помочь определить тенденции и закономерности, возникающие при эксплуатации оборудования, что может способствовать улучшению результативности применения этой стратегии.

Прогностическое обслуживание (PdM – predictive maintenance). В этой стратегии для контроля производительности оборудования и выявления признаков износа активно используются передовые технологии, такие как анализ вибрации, неразрушающий контроль и тепловидение. Прогностическое обслуживание подходит для высокотехнологичного оборудования, оснащенного датчиками, программным обеспечением и прочими устройствами телеметрии, благодаря чему возможен сбор и анализ данных, прогнозирование отказов оборудования и соответствующее планирование мероприятий ТОиР. При этом, планирование самих диагностических процедур отсутствует, а частота проверок устанавливается по ситуации. Для эффективной реализации этой стратегии необходимо выполнение ряда задач (табл.2).

Таблица 2. Задачи стратегии прогностического обслуживания.

Задача	Характеристика
Сбор данных	Сбор данных выполняется с помощью различных датчиков и других устройств.
Определение базовых характеристик работы оборудования	Базовые характеристики отражают нормальные рабочие параметры оборудования, а любое отклонение от этих параметров может трактоваться как отклонение, что дает основание инициировать вмешательство в виде выполнения технического обслуживания.
Анализ данных	После сбора данных их необходимо проанализировать, выявить закономерности и тенденции, которые помогут предсказать, когда потребуется техническое обслуживание или ремонт.
Инициализация пороговых значений контролируемых параметров	Установление пороговых значений для каждого параметра контролируемого объекта обслуживания. При превышении порогового значения подается сигнал тревоги или оповещение, указывающее на необходимость выполнения технического обслуживания или ремонта.
Планирование технического обслуживания	На основе анализа данных и настройки пороговых значений составляют график технического обслуживания. Такой график гарантирует, что техническое обслуживание будет выполнено до того, как возникнут какие-либо серьезные проблемы.
Непрерывный мониторинг	Непрерывный мониторинг оборудования для выявления любых потенциальных проблем.
Обновление и улучшение модели анализа данных	По результатам анализа данных модель управления системой ТОиР должна регулярно обновляться и улучшаться, при этом система ТОиР обучается и адаптируется к поведению оборудования.

Техническое обслуживание по состоянию (CBM – condition based manitenance) – это стратегия, которая объединяет профилактическое обслуживание с анализом данных мониторинга состояния и анализа производительности оборудования. Этот метод предполагает проведение плановых профилактических мероприятий, а также включает в себя сбор данных непосредственно с оборудования и использует прогнозную

аналитику о состоянии и производительности оборудования, что дает возможность определить, когда потребуется выполнять техническое обслуживание. Примеры источников данных с характеристикой для их оценки представлены в табл.3.

Таблица 3. Источники данных и характеристика.

Источник	Характеристика
Показатели состояния смазывающих материалов	Анализ масла – форма контроля, которая включает в себя регулярное тестирование проб масла, взятых с оборудования и сравнение их с исходными значениями, это помогает выявить потенциальные проблемы с оборудованием, такие как износ, которые могут привести к поломкам или снижению производительности.
Показатели вибрации	Анализ вибрации является важной формой контроля, которая включает измерение вибрации оборудования и сравнение ее с исходными значениями, применяется для выявления любых потенциальных проблем с оборудованием, позволяет определить нарушения соосности, дисбаланс или дефекты подшипников.
Показатели ультразвукового контроля	Ультразвуковой контроль – это форма контроля, которая включает использование звуковых волн для обнаружения любых потенциальных проблем с оборудованием, применяется для выявления трещин, коррозии или других дефектов, которые могут присутствовать в оборудовании.
Показатели термографии	Термография – это форма контроля, которая включает использование инфракрасных камер для обнаружения любых потенциальных проблем с оборудованием, используется для выявления потенциального перегрева, который может привести к поломке или снижению эффективности оборудования.

Техническое обслуживание в случае отказа. Эта стратегия относится к стратегии реактивного обслуживания (RM – reactive maintenance), которая предполагает эксплуатацию оборудования до его отказа и выполнение ремонта по мере выхода оборудования из строя. Этот тип обслуживания часто является дорогостоящим, поскольку включает ремонт или замену поврежденных компонентов и может привести к

простою или потере производительности. Однако эта стратегия вовсе не предполагает отсутствие мероприятий ТОиР, а напротив, такие мероприятия должны обеспечить работоспособность оборудования на максимально возможный срок без ремонта. Задачи по реализации такой стратегии представлены в табл.4.

Таблица 4. Задачи по реализации стратегии реактивного обслуживания.

Задача	Характеристика
Классификация оборудования	Первым шагом в разработке стратегии является определение категории оборудования, к которому может быть без ущерба для производства применена стратегия реактивного обслуживания.
Составление графика обслуживания для выбранной категории оборудования	Необходимо составить график технического обслуживания, включая регулярные осмотры и мероприятия по техническому обслуживанию. Частота технического обслуживания будет зависеть от конкретного оборудования, интенсивности использования, влияния факторов окружающей среды.
Инспектирование	Инспектирование должно проводиться обученным персоналом, а результаты должны регистрироваться в журнале. В журнале должны быть указаны дата осмотра, состояние оборудования и любые проблемы, выявленные во время осмотра. Журнал также может служить справочным материалом для будущих проверок и работ по техническому обслуживанию.
Регулярная очистка от загрязнений	Загрязнения могут привести к неисправности или отказу оборудования, поэтому важно содержать оборудование в чистоте. Очистку следует выполнять в соответствии с процедурами, рекомендованными производителем.
Разработка инструкций по проведению типовых ремонтных работ	Ремонт неизбежен, поэтому очень важно иметь план ремонта и инструкции с перечнем типовых работ. Инструкции должны включать в себя процедуры диагностики, определения основной причины проблемы и разработки решения для устранения проблемы. План ремонта должен также включать процедуры документирования и тестирования оборудования после ремонта.

Техническое обслуживание, ориентированное на надежность (RCM – reliability centered maintenance). RCM – это системный подход, в соответствии с которым оцениваются функции оборудования и последствия его отказа, затем определяются наиболее рентабельные задачи обслуживания, которые могут быть выполнены для обеспечения наивысшего уровня надежности оборудования и обеспечения безопасности эксплуатации. Задачи, которые должны быть выполнены для реализации стратегии приведены в таблица 5.

Таблица 5. Задачи по реализации стратегии технического обслуживания, ориентированного на надежность.

Задача	Характеристика
Декомпозиция и определение функций	Определяется цель системы и функции с декомпозицией системы на компоненты и определение функций каждого компонента.
Анализ первопричин сбоев и отказов	Сбои и отказы могут случаться, поэтому должен проводиться тщательным образом анализ первопричин сбоев и отказов. Такой анализ включает в себя исследование основных причин отказа оборудования, их выявление и устранение.
Анализ отказов рисков	Оценивается вероятность и последствия каждого режима отказа. Это включает в себя рассмотрение вероятности возникновения отказа, серьезности последствий и возможности обнаружения отказа.
Разработка мероприятий по обслуживанию	Разрабатываются мероприятия, направленные на предотвращение, обнаружение или смягчение последствий отказа, включая выбор наилучшей стратегии обслуживания для каждого режима отказа.
Определение интервалов обслуживания	Определяется частота и сроки выполнения мероприятий обслуживания.
Мониторинг состояния	Постоянный мониторинг производительности оборудования и сбор данных. Эти данные можно использовать для обнаружения ранних признаков отказа оборудования, что позволяет планировать ремонт до того, как произойдет отказ.

Наряду с представленными выше стратегиями можно выделить общие для них задачи, обеспечивающие эффективность каждой из представленных стратегий (табл. 6).

Таблица 6. Общие задачи повышения эффективности применения каждой из стратегий.

Задача	Характеристика
Обучение персонала	Надлежащая профессиональная подготовка необходима для обслуживающего и ремонтного персонала. Обучение должно проводиться на регулярной основе и может включать в себя обучение как с отрывом от основной деятельности, так и без отрыва с практическим обучением на местах, также онлайн-обучение.
Ведение учета и документации	Всесторонний учет и надлежащая документация включает в себя ведение журналов технического обслуживания, руководств по эксплуатации оборудования, записей о ремонте и другой документации, которая может использоваться для отслеживания использования оборудования и регулярного анализа.

4. Заключение

Технические комплексы современного химического производства включают в свой состав самое разнообразное оборудование, для обслуживания которого применить общую универсальную стратегию не представляется возможным. Каждая из стратегий ТОиР, принятая для той или иной категории оборудования, должна включать регулярные осмотры, очистку, техническое обслуживание, ремонт и обучение персонала. Для каждой категории оборудования стратегия должна разрабатываться с учетом рекомендаций производителя, а также с учетом особенностей эксплуатации оборудования, факторов воздействия технологии производства и факторов окружающей среды.

5. Выводы

Техническое обслуживание и ремонт оборудования на химическом предприятии необходимы для обеспечения работоспособности, оптимизации производительности и сведения к минимуму времени простоя оборудования. С внедрением комплексной

стратегии ТОиР, состоящей из разных стратегий для разных категорий оборудования, предприятия могут обеспечить оптимальную работу оборудования, его надежность и безопасность. Комплексный подход к стратегии ТОиР помогает предотвратить отказы оборудования и связанные с этим расходы. Таким образом, инвестирование в комплексную стратегию ТОиР имеет решающее значение для бизнеса химических предприятий.

Список литературы

1. Gackowiec, P. General overview of maintenance strategies – concepts and approaches / P. Gackowiec // *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*. – 2019. – 2. – URL: <https://sciendo.com/article/10.2478/mape-2019-0013/>. (дата обращения 24.02.2023).
2. Kelly, A. *Maintenance Strategy* / A. Kelly / *Business & Economics*. – 1997. – P. 272.
3. Chin, H. Asset maintenance optimisation approaches in the chemical and process industries – A review / H. Chin, P. Varbanov, J. Klemeš, M. Benjamin, R. Tan // *Chemical Engineering Research and Design*. – 2020. – № 164. – P. 162-194. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876220304986/>. (дата обращения 24.02.2023).
4. Гаврилюк, Е.А. Разработка стратегии обслуживания и ремонта оборудования газотранспортного предприятия на основе индекса технического состояния / Е.А. Гаврилюк, С.А. Манцеров // *Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева*. – 2017. – № 3(118).
5. Иванов, В.А. Особенности подходов к техническому обслуживанию и ремонту оборудования в непрерывном производстве / В.А. Иванов, А.А. Фещенко // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение*. – 2018. – Т. 20. № 3. – С. 82-89. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-podhodov-k-tehnicheskomu-obsluzhivaniyu-i-remontu-oborudovaniya-v-nepreryvnom-proizvodstve> (дата обращения: 24.02.2023).
6. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта оборудования химической промышленности: справочник / А.И. Ящура. – М.: ЭНАС, 2012. – 448 с.