

УДК 65.011.56

Е.А. Гаврилюк¹, С.А. Манцеров²**РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ
ГАЗОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
НА ОСНОВЕ ИНДЕКСА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**Филиал ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород» - Инженерно-технический центр¹,
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева²

Проведён анализ метода оценки технического состояния оборудования в рамках стратегии ТОиР. Качественная оценка технического состояния оборудования представляет собой достаточно широкий специфический субъективный показатель, который затруднителен для восприятия и использования (например, при сравнительном анализе). В связи с этим, возникает актуальная задача исследования методологии расчёта и возможности применения универсального количественного показателя – индекса технического состояния (ИТС), в комплексе задач ТОиР.

Ключевые слова: техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), индекс технического состояния (ИТС), оценка технического состояния, ReliabilityCenteredMaintenance (RCM).

Единая система газоснабжения (ЕСГ) России представляет собой уникальный технологический комплекс, включающий в себя объекты добычи, переработки, транспортировки, хранения и распределения газа. Являясь крупнейшим в мире механизмом, ЕСГ требует развитой системы управления с чётко выраженной иерархической структурой (рис. 1).

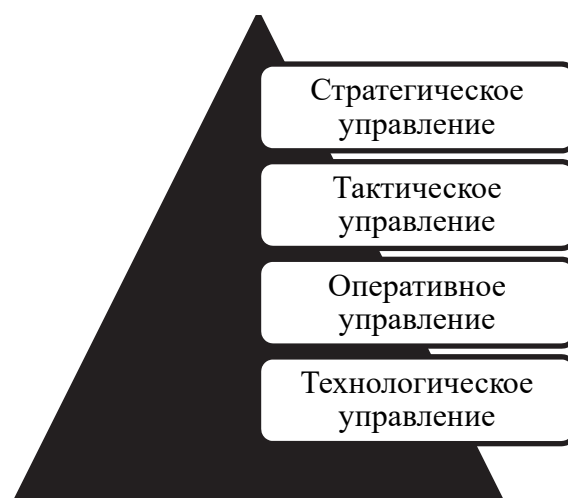


Рис. 1. Иерархическая структура управления предприятием

На уровне стратегического управления решаются задачи оптимизации бизнес-процессов, организационной структуры, оценки эффективности бизнеса. На уровне тактического управления решаются задачи планирования и бюджетирования (формализация бизнес-процессов). На уровне оперативного управления осуществляется управление производственным процессом, загрузкой оборудования, основными фондами предприятия. Технологическое управление (уровень управления технологией производства) сводится к сбору, обработке и обобщению данных с цехового оборудования.

В связи с комплексной автоматизацией производственных процессов и производств результативность работы любой крупной компании напрямую зависит от наличия у неё со-

вершенной информационной инфраструктуры, от надёжности и стабильности функционирования информационной системы (ИС), эффективности организации информационных потоков. В связи с этим, в настоящее время методы управления процессами и производствами неразрывно связаны с информационными системами управления (ИСУ). Безусловно, найти чёткое разграничение между классами ИС, ввиду тенденции к их интеграции (пересечение выполняемых функций), весьма сложно, однако приведём в соответствие уровни управления и классы ИСУ (рис. 2). В табл. 1 представлено описание каждого класса ИС.



Рис. 2. Иерархическая структура управления предприятием

Таблица 1

Описание классов ИС

Класс ИС	Описание
Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)	Диспетчерское управление и сбор данных
Автоматическая система управления технологическими процессами (АСУ ТП)	Контроль технологических параметров и управление (аналогично SCADA)
Manufacturing Execution System (MES)	Система управления производственными процессами
Enterprise Resource Planning (ERP)	Система управления предприятием, автоматизирующая все подразделения предприятия
Customer Synchronized Resource Planning (CSRP)	Система управления предприятием, ориентированная на конечного потребителя
Online Analytical Processing (OLAP)	Аналитическая обработка данных в реальном времени

Системы ERP и MES взаимосвязаны, но выполняют различные функции в иерархической структуре управления производством. ERP-системы направлены, в первую очередь, на решение административно-хозяйственных и учётно-финансовых задач. То есть ERP-системы, в разрезе газотранспортного предприятия, отвечают на вопрос, кому и сколько объёмов газа должно быть транспортировано. MES-системы оперируют более точной информацией о производственных процессах. MES-система, аккумулируя и обобщая данные, полученные от различных производственных и технологических объектов, выводит на верхний уровень организацию всей производственной деятельности от формирования производственного заказа до получения готовой продукции.

MES-системы формируют связь производственных процессов с бизнес-процессами, что в свою очередь направлено на улучшение финансовых показатели предприятия. Таким

образом, MES-системы являются связующим звеном между финансово-хозяйственными операциями и производственными.

В современных условиях борьбы за высокие производственные и экономические показатели на промышленных предприятиях, задача реформирования сферы ТОиР становится всё более актуальной. ТОиР как один из модулей единой системы управления производством прошёл несколько этапов (преобразований) своего развития. Каждый из этих этапов можно охарактеризовать появлением новой стратегии (метода) ТОиР эксплуатируемого оборудования (рис. 3).

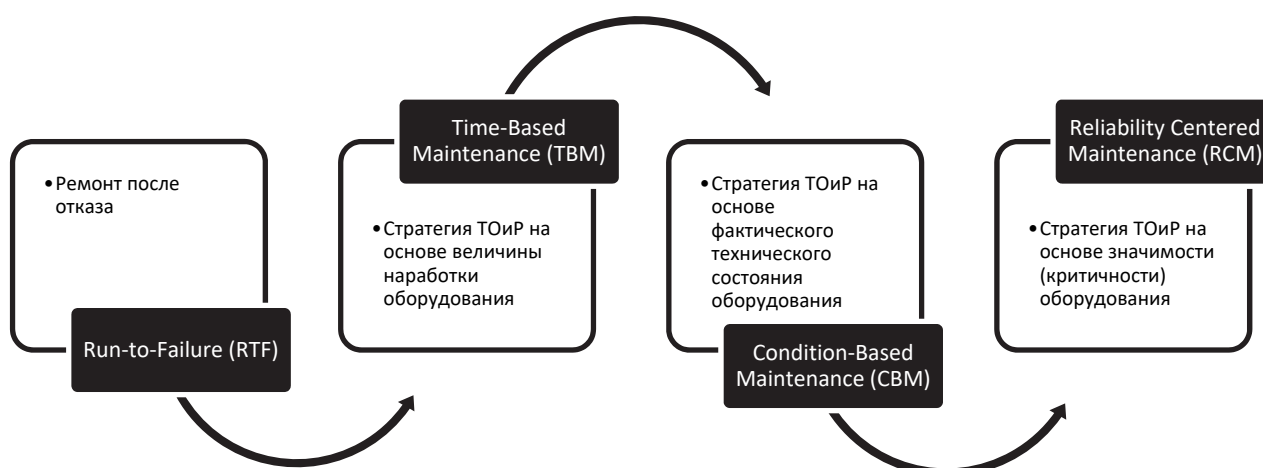


Рис. 3. Этапы развития стратегии ТОиР

Как видно из рис. 3, процесс эволюции ТОиР оборудования имеет тенденцию предупредительного обслуживания с одновременным снижением издержек на это обслуживание. В табл. 2 представлена сравнительная характеристика стратегий ТОиР.

Таблица 2

Сравнительная характеристика стратегий ТОиР

Стратегия	Преимущества	Недостатки
RTF	Простота. Отсутствие затрат на диагностику	Стратегия не предполагает предупреждение отказов. Стратегия в основном применима к простому некритичному оборудованию
TBM	Простота. Отсутствие затрат на диагностику	Стратегия связывает вероятность отказов только с временным фактором
CBM	Высокая достоверность данных	Сложная реализация. Большие затраты на диагностику оборудования. Стратегия применима в основном для крупных промышленных предприятий
RCM	Универсальность. Гибкость	Сложный анализ критичности оборудования (анализ последствий отказов)

На данный момент стратегия ReliabilityCenteredMaintenance (RCM) является самой современной, однако она не имеет чёткого алгоритма и постоянно модернизируется. Единственное, что можно отметить, RCM направлена на нивелирование недостатков и максимальное использование преимуществ предыдущих стратегий.

В силу изложенного, стратегия RCM является весьма гибкой и универсальной стратегией ТОиР с открытой методологией. В данной статье приведён универсальный метод оценки технического состояния оборудования в рамках задач ТОиР. Метод оценки технического состояния оборудования на примере системы автоматического управления газоперекачивающим агрегатом приведён в [1 и 2].

Оценка технического состояния основывается на системе показателей, конфигурация которой связана со структурой оборудования. Системы разбиваются на подсистемы, подсистемы на элементы. Следует помнить, что слишком подробное структурирование приводит к существенному увеличению трудоёмкости диагностических работ, хотя, с другой стороны, приводит к увеличению точности оценки. Вопрос структурирования оборудования является специфическим и должен рассматриваться частным образом, с учётом особенностей конкретного промышленного предприятия.

После структурирования оборудования для каждого элемента выделяются параметры, по которым будет вестись оценка его технического состояния. В основе представленного метода лежит следующий принцип. Каждый технический объект обладает определённым набором свойств (параметров), которые характеризуют его состояние. В течение времени эксплуатации за этими свойствами необходимо наблюдать с целью предупреждения отказов. Основным преимуществом данного метода является, то, что в качестве исходных данных могут использоваться разнородные данные – как объективного (инструментального), так и субъективного (результаты осмотров, инспекций, экспертных оценок состояния) контроля.

В качестве интегрального показателя состояния объекта используется Индекс технического состояния (ИТС). Величина ИТС характеризует состояние объекта как степень соответствия его текущих параметров номинальным (идеальным) значениям. В качестве метода расчёта ИТС удобно использовать метод средневзвешенного значения, который, в случае необходимости, позволит регулировать вес каждого параметра в общей системе оценки:

$$I_1 = \frac{\sum_i p_{2i} I_{2i}}{\sum_i p_{2i}},$$

$$I_2 = \frac{\sum_i p_{3i} I_{3i}}{\sum_i p_{3i}},$$

$$I_3 = \frac{\sum_i p_{4i} I_{4i}}{\sum_i p_{4i}},$$

где I_1 – ИТС системы;

I_2 – ИТС подсистемы;

I_3 – ИТС элемента;

p_{2i} – вес i -й подсистемы;

p_{3i} – вес i -го элемента;

p_{4i} – вес i -го параметра;

I_{2i} – ИТС i -й подсистемы;

I_{3i} – ИТС i -го элемента;

I_{4i} – ИТС элемента по i -му параметру.

Таким образом, на основе данной информации формируется единая база данных, которая учитывает влияние разнородных параметров и различных структурных единиц на оборудование в целом. Иерархический принцип построения системы оценки позволит на разных уровнях детализировать и фильтровать информацию, что повысит эффективность работы предприятия. ИТС является понятным для широкого круга показателем технического состояния объекта, которым легко могут оперировать в своей работе даже «не технические специалисты» (например, экономисты, менеджеры).

Как видно из методики оценки технического состояния, с помощью индекса, параметры, по которым оценивается техническое состояние объекта, могут добавляться и удаляться при необходимости. Таким образом, представленная методика реализует стратегию RCM следующим образом (рис. 4): для менее ответственного оборудования число параметров оценки может быть минимальным и ограничиваться, например, временем эксплуатации (стратегия TBM), а для более ответственного оборудования число параметров оценки может быть увеличено (стратегия CBM).

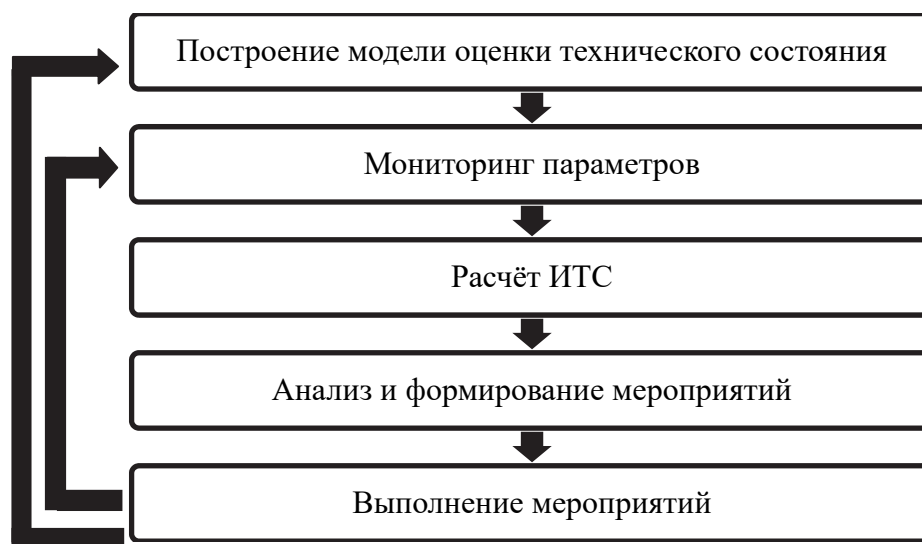


Рис. 4. Стратегия ТОиР на основе ИТС

Таким образом, представленный подход является наиболее гибким и универсальным с унифицированным комплексным показателем (индексом) технического состояния объекта. При дальнейшем развитии методики и создании автоматизированной информационной системы, Индекс может динамически отражать техническое состояние оборудования на протяжении всего его жизненного цикла. На основании ИТС может осуществляться планирование и учет выполнения работ, что в полной мере реализует стратегию RCM.

Библиографический список

1. **Гаврилюк, Е.А.** Комплексная оценка технического состояния систем автоматического управления газоперекачивающими агрегатами / Е.А. Гаврилюк, С.А. Манцеров, С.Г. Синичкин // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11. – С. 2141–2145.
2. **Гаврилюк, Е.А.** Прогнозирование отказов систем автоматического управления газоперекачивающими агрегатами на основе индекса технического состояния и степени риска / Е.А. Гаврилюк, С.А. Манцеров, А.Ю. Панов // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 7–2. – С. 309–313.
3. **Гаврилюк, Е.А.** Методика оценки технического состояния систем автоматического управления газоперекачивающими агрегатами / Е.А. Гаврилюк, С.А. Манцеров, С.Г. Синичкин // *Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексева*. – 2014. – № 5 (107), специальный выпуск. – С. 191–194.
4. **Манцеров, С.А.** Мониторинг состояния объектов на основе методов функциональной систематики // *Труды НГТУ им. Р.Е. Алексева* Современные проблемы механики и автоматизации в машиностроении и на транспорте. – Н. Новгород, – 2008. – Т. 67. – С. 23–27
5. **Манцеров, С.А.** Создание баз данных объектов машиностроения на основе формул функциональной систематики // *Вестник ВГТУ*. – Воронеж. – 2007. Т.3. – №11. – С. 171–176.

6. Манцеров, С.А. Развитие систем единой функциональной систематики для хранения данных о техническом состоянии объекта / С.А. Манцеров, А.Ю. Панов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – Н. Новгород, 2013. – № 6 (ч.1). – С. 235–238.

*Дата поступления
в редакцию 20.08.2017*

Е.А. Gavriliuk¹, S.A. Mantserov²

**DEVELOPMENT OF GAS-TRANSPORT EQUIPMENT MAINTENANCE
STRATEGY ON BASIS OF TECHNICAL STATE INDEX**

Branch of ООО «Gazprom transgaz Nizhny Novgorod» - Technical engineering centre¹,
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev²

Purpose:At present there are several researches of maintenance strategy of industrial equipment. The essential problem of heterogeneous factors systematization deals with the study of object structure. The problem of qualitative technical state evaluation use deals with its broad interpretation. Moreover it is very difficult to understand and apply for nonexperts (for example economists, managers).

Method:Consequently, the task to explore the availability and computing methods of universal quantitative technical state evaluation – Technical State Index (TSI) seems very urgent. The up-to-date approach used in our research seems effective to apply in industrial organization.

Results:Maintenance strategy of gas-transport equipment on basis of technical state index is developed.The advanced work deals with the maintenance and technical state prediction on basis of TSI to confirm the comprehensive application of TSI.

Application domain:Implementation of developed strategy could increase the efficiency of gas-transport equipment maintenance and repair management. Developed strategy could be used for Decision Support System creation.

Key words: maintenance, technical state index (TSI), technical state evaluation, Reliability Centered Maintenance (RCM).