

УДК 658.5:621.311.22

## ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

© 2015 г. П. И. Оклей

ПАО «Интер РАО», г. Москва

*Производственные активы тепловой электростанции (ТЭС) объединяют свыше 10000 единиц энергетического оборудования. Бесперебойная работа ТЭС требует планирования и реализации процессов эксплуатации, ремонтов и обновления производственных активов. Организационно-методическое обеспечение реализации этих процессов возложено на систему управления производственными активами (СУПА).*

*В вышедшем в 2014 году стандарте ГОСТ Р ИСО 55000:2014 «Управление активами» (аутентичный перевод международного стандарта по менеджменту ISO 55000) сформулированы требования к управлению активами. Выход в свет данного стандарта инициировал работы по совершенствованию СУПА.*

*В статье сформулированы принципы формирования информационной базы СУПА, приведен перечень справочников и классификаторов для дальнейшего их использования при разработке производственных программ ремонтных работ ТЭС.*

*Ключевые слова: тепловые электростанции; система управления производственными активами; информационная база; стандарт ГОСТ Р ИСО 55000.*

*Thermal power plants (TPP) production assets consist of more than 10000 units of power energy equipment. Uninterrupted operation of thermal power plants includes the planning and implementation processes of maintenance, repair and renovation of production assets. Organizational and methodological support of the implementation of these processes assigned to the asset management system.*

*The standard GOST R ISO 55000:2014 “Asset Management” released in 2014 (authentic translation of the international standard for management ISO 55000) on the basis of generalization of the best practices requirements set forth the requirements for asset management.*

*In the article author formulated principles of forming the information database of production asset management system, the list of directories and classifiers for their further use in the development of TPP repairs production programs.*

*Key words: thermal power plants; production asset management system; the standard GOST R ISO 55000:2014.*

Система управления производственными активами (СУПА) тепловой электростанции (ТЭС), являясь составной частью общей системы менеджмента ТЭС, нацелена на построение единого набора решений для управления всеми группами активов, обеспечивающие выполнение основной производственной функции ТЭС — производство электрической и теплоэнергии.

Одной из главных особенностей энергетической отрасли является высокий уровень ее фондоемкости, связанный со специфическим характером процесса производства, передачи и распределения электрической энергии. Перед руководством компаний стоит задача создания такой СУПА, которая позволила бы обеспечить бесперебойную работу ТЭС и увеличить ценность использования

активов при достижении сбалансированного риска.

Решению этой задачи способствует своевременно принятый в 2015 году федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии новый стандарт ГОСТ Р 55.0.01-2014/ИСО 55000:2014 «Управление активами», основой для принятия которого служил принятый в 2014 году международной организацией по стандартизации (ISO) новой серии международных стандартов по менеджменту активов ISO 55000. Последний вообрал в себя положения спецификации PAS 55 по оптимальному управлению физическими активами, а также лучшие практики по управлению активами.

Разработка этих стандартов направлена на улучшение финансовых результатов, оптимизацию принятия инвестиционных решений, управляемость риска, устойчивость развития, улучшение эффективности деятельности организаций.

Менеджмент активов в соответствии со стандартами ISO серии 55000 предполагает нахождение баланса между затратами, возможностями, рисками и требуемой производительностью активов.

В настоящее время существует необходимость перераспределения совокупных затрат на содержание основных производственных активов, наиболее критичных с точки зрения экономической эффективности функционирования генерирующих мощностей. В то же время отсутствуют объективные данные об эффективности технологических воздействий, направленных на сопровождение основных производственных активов. Совокупность технологических воздействий на производственные активы на конкретный период времени представляет собой программу технологических воздействий.

Формирование программ технологических воздействий, основанных на принципе минимизации стоимости жизненного цикла оборудования, достигается за счет последовательного внедрения и применения следующих взаимосвязанных элементов:

1. Информационная база системы управления производственными активами (СУПА).

2. Методика оценки технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса производственных активов и оценки текуще-

го уровня рисков при отказах оборудования.

3. Финансово-экономические инструменты для оценки последствий от отказов оборудования.

4. Моделирование сценариев технологических воздействий и формирование производственных программ ремонтных работ.

В данной работе автором рассматриваются принципы формирования информационной базы СУПА. В такой базе предлагается собрать всю информацию о производственных активах и результатах паспортизации всего оборудования, а также создать постоянно пополняемую «Базу знаний», в которой аккумулируется информация по лучшим практикам СУПА, созданная как внутри организации, так и за ее пределами.

Информационная база СУПА должна включать, по крайней мере, следующие справочники и классификаторы, а в перспективе иметь возможность пополняться новыми данными.

1. Классификатор основных производственных активов (ОПА).

2. Справочник производственно-технологических единиц (систем и технических мест).

3. Перечень групп оборудования с ранжированием по приоритетам.

4. Справочник стратегий воздействий.

5. Классификатор дефектов для выбранных групп оборудования.

6. Справочник параметров и нормативных значений параметров оборудования.

7. Справочник видов отказов оборудования.

8. Справочник последствий отказов оборудования.

9. Справочник видов воздействий.

Перечисленные справочники и классификаторы (документы) должны быть разработаны в комплексе, информация, содержащаяся в одном документе, может быть использована в качестве входящей для другого; для расчета отраженных в документе показателей должны быть разработаны соответствующие методики. В то же время при разработке документа должны быть определены их цели и задачи, а также принципы и критерии их формирования. Исходя из этого, рассмотрим каждый документ на предмет соответствия указанным требованиям.

Разработанный классификатор основных производственных активов (ОПА) задает основные принципы и правила классификации для каждой группы оборудования энергообъекта. Для этого предлагается поставить в соответствие уникальный код, для которого может быть произведена идентификация и обращение к данной группе/единице оборудования, как в рамках методик СУПА, так и для дальнейшей синхронизации с процессами бухгалтерского, налогового учета и отчетности по МСФО.

При этом классификатор может иметь потенциал для дальнейшего расширения и доработки в части паспортизации оборудования с целью хранения и обработки статистики по маркам, изготовителям, характеристикам оборудования и его повреждаемости и т. д. Данный функционал в дальнейшем необходим для возможности принятия решений по использованию тех или иных технических решений при модернизации и техническом перевооружении и реконструкции оборудования.

Целью создания классификатора является идентификация оборудования, выделенного в качестве учетных единиц, и присвоение им значений реквизитов, необходимых для целей технического и управленческого учета основных производственных активов энергообъекта.

Классификатор необходим для решения следующих задач:

- унификации выделения учетных единиц в техническом, управленческом, налоговом и бухгалтерском учетах;
- унификации наименований оборудования;
- унификации порядка отнесения оборудования к классам ОКОФ;
- унификации порядка отнесения оборудования к амортизационным группам для целей бухгалтерского и налогового учета;
- унификации отнесения кодов групп по Российским стандартам бухгалтерского учета и Международным стандартам финансовой отчетности.

Формировать классификатор необходимо в соответствии со следующими принципами:

- объект должен иметь самостоятельное назначение как технологическая единица, вы-

полняющая определенные технологические функции;

- целесообразность включения объекта в классификатор определяется необходимостью отслеживать историю ремонтов и обслуживания этого объекта. Если нет необходимости создавать рабочие задания и отслеживать историю работ по объекту — например, если объект целиком подлежит замене, лучше учитывать его как запасную часть;

- принцип равномерного заполнения уровней заключается в описании объектов, обеспечивающем их равномерное распределение по уровням иерархии;

- предлагается не создавать дополнительные уровни групп, которые могли бы объединять однотипные объекты. Такие группы рекомендуется организовать только на самых низших уровнях иерархии;

- принцип влияния работоспособности объектов на более высокий уровень иерархии;

- принцип ремонтпригодности: иерархия должна быть выстроена таким образом, чтобы вывод объекта верхнего уровня для ремонта предоставлял возможность производить ремонты объектов нижележащих уровней. При останове головного объекта все его конструктивные элементы и агрегаты должны быть доступны для ремонта (остановлены);

- в ситуациях, когда один и тот же объект можно рассматривать как составную часть нескольких систем, проблему подчинения объекта необходимо разрешать в пользу системы, имеющей большее влияние с точки зрения эксплуатации, технического обслуживания и ремонта (например, датчик температуры, расположенный на объекте  $N$  должен входить в его состав вместе с системой, которая обрабатывает сигнал с этого датчика — это система объекта  $N$ ). Тот же объект всегда можно поместить в альтернативную иерархию, (например, для бухгалтерского учета, для электрических систем и т. д.).

В табл. 1 представлен пример расшифровки используемых кодов.

Поскольку на ТЭС задействовано свыше 10000 единиц оборудования, коды стационарного оборудования могут иметь множество взаимосвязанных подуровней.

Таблица 1

## Код генерирующей единицы мощности (ГЕМ)

Код	Наименование ГЕМ (генерирующая единица мощности)
Г_КТ	ГЕМ котлотурбинный цех
Г_ХЦ	ГЕМ химический цех
Г_ЭЦ	ГЕМ электрический цех
Г_ТТ	ГЕМ топливотранспортный цех
Г_АС	ГЕМ цех АСУ
Г_АТ	ГЕМ автотранспортный цех

Справочник производственно-технологических единиц (систем и технических мест) (ПТЕ) позволяет для каждой единицы оборудования конкретной электростанции поставить уникальный код в соответствии с классификатором ОПА, на основе которого может быть произведена идентификация и обращение к данной группе/единице оборудования, как в рамках методик СУПА, так и вне этой системы.

Предлагается формировать справочник для энергообъекта в соответствии со следующими принципами:

— в соответствии с классификатором основного (в разрезе ГЕМ) и общестанционного оборудования энергообъекта. При формировании справочника оборудования каждой позиции в соответствии с принятыми в компании локально нормативными документами присваивается код оборудования по ОКОФ и его инвентарный номер;

— каждой позиции справочника (единице оборудования) присваивается диспетчерско-технологическое наименование в соответствии с локально нормативными документами энергообъекта. Задаваемое в рамках справочника диспетчерское наименование является однозначным не встречающимся на другом действующем оборудовании электростанции. Пример справочника ПТЕ представлен в табл. 2.

На основании классификатора основных производственных активов также можно формировать следующий документ — перечень групп оборудования с ранжированием по приоритетам. Ранжирование групп и подгрупп об-

орудования осуществляется с целью построения рациональной с точки зрения баланса необходимого уровня точности результатов, с одной стороны, и объемов собираемой информации, с другой. Основным критерием ранжирования оборудования является его влияние на стабильность технологического процесса.

Группы оборудования ранжируются по трем группам приоритетов: от наиболее (1-й приоритет) до наименее (3-й приоритет) приоритетного.

Каждая из подгрупп оборудования автоматически относится к тому же приоритету, что и включающая данную подгруппу группа оборудования.

Признаками отнесения групп оборудования к тому или иному приоритету могут быть следующие:

1. *Влияние на безопасность и экологию* — факт возможности возникновения аварии по причине отказа оборудования с точки зрения безопасности, экологии (возможность гибели людей, крупных нарушений экологических норм);

2. *Критичность оборудования* — степень влияния группы оборудования на непрерывность и качество выдаваемого продукта: электроэнергии и тепла (влияние на цепочку выдачи мощности);

3. *Наличие резервирования* — наличие запасных (резервных) элементов (единиц оборудования) и связей (схем), дополнительных по сравнению с минимальным для выполнения заданной функции составом оборудования;

Таблица 2

## Пример справочника ПТЕ

Коды классификационных групп оборудования							Наименование оборудования
1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	
03С	Г00ЭЦ	ЭВВ					Комплекс высоковольтного электротехнического оборудования
03С	Г00ЭЦ	ЭВВ	001				ОРУ
03С	Г00ЭЦ	ЭВВ	001	001	001	N 1400698	АТ-8
03С	Г00ЭЦ	ЭВВ	001	001		N 1400641	Выключатель У-220-10
03С	Г00ЭЦ	ЭВВ	001	001		N 1400641	Разъединитель РД32-220/2000
03С	Г00ЭЦ	ЭВВ	001	001		N 1400641	Трансформатор тока ГДУ-220
03С	Г00ЭЦ	ЭВВ	001	001	002	N 1400642	Блок №1
03С	Г00ЭЦ	ЭВВ	001	001		N 1400642	Выключатель У-220-10
03С	Г00ЭЦ	ЭВВ	001	001		N 1400642	Разъединитель РД32-220/2000
03С	Г00ЭЦ	ЭВВ	001	001		N 1400642	Трансформатор тока ГДУ-220

\* Обозначения столбцов таблицы: 1. Код объекта генерации; 2. Код генерирующей единицы мощности (ГЕМ); 3. Код вида стационарного оборудования 1-го уровня; 4. Код вида стационарного оборудования 2-го уровня; 5. Код вида стационарного оборудования 3-го уровня; 6. Номер позиции; 7. Инвентарный номер.

Таблица 3

**Варианты оценки признаков для определения приоритетов групп оборудования**

<b>1.1. Влияние на безопасность и экологию</b>	
№ п/п	Варианты оценки
1	Высокий уровень вероятности возникновения аварии (с причинением вреда здоровью, гибелью людей), либо высокий уровень вероятности экологических последствий. <i>Кратко: «Высокий».</i>
2	Низкий (либо нулевой) уровень вероятности возникновения аварии (впричинением вреда здоровью, гибелью людей). Низкий (либо нулевой) уровень вероятности экологических последствий. <i>Кратко: «Низкий».</i>
<b>1.2. Критичность оборудования</b>	
№ п/п	Варианты оценки
1	Оборудование, приводящее в случае отказа к снижению мощности до нуля либо к частичному ограничению мощности (электрической, тепловой). <i>Кратко: «Снижение мощности».</i>
2	Оборудование, не приводящее в случае отказа к ограничению мощности. <i>Кратко: «Нет ограничения».</i>
<b>1.3. Наличие резервирования</b>	
№ п/п	Варианты оценки
1	Нерезервируемое оборудование. <i>Кратко: «Нет резерва».</i>
2	Нештатное резервирование, не предусмотренное эксплуатационным регламентом, но обеспечивающее на короткое время замещение штатного оборудования в случае его отказа (оборудование, приводящее к отложенному останову энергоблока). <i>Кратко: «Нештатное резервирование».</i>
3	Резервированное оборудование. <i>Кратко: «Есть штатный резерв».</i>
<b>1.4. Время простоя</b>	
№ п/п	Варианты оценки
1	Длительное время простоя оборудования: превышает время штатного резервирования.
2	Незначительное время простоя оборудования: не превышает время штатного резервирования.

Окончание таблицы 3

<b>1.5. Влияние на условия и технико-экономические показатели эксплуатации</b>	
№ п/п	Варианты оценки
1	Отказ оборудования негативно влияет на условия/режим эксплуатации основного оборудования, технико-экономические показатели объекта. <i>Кратко: «Негативно влияет».</i>
2	Отказ оборудования не влияет на условия/режим эксплуатации основного оборудования, технико-экономические показатели объекта. <i>Кратко: «Не влияет».</i>
<b>1.6. Стоимость оборудования, его замены/ремонта</b>	
№ п/п	Варианты оценки
1	Высокая стоимость оборудования, его замены/ремонта. <i>Кратко: «Высокая».</i>
2	Низкая стоимость оборудования, его замены/ремонта. <i>Кратко: «Низкая».</i>

4. *Время простоя* — средняя длительность простоя оборудования в результате его отказа;

5. *Влияние на условия и технико-экономические показатели (ТЭП) эксплуатации* — степень влияния отказа рассматриваемой группы оборудования на условия эксплуатации других групп оборудования, на ТЭП эксплуатации рассматриваемой или других групп оборудования;

6. *Стоимость оборудования, его замены/ремонта* — средний уровень стоимости замены/ремонта оборудования в результате его отказа;

По каждому из признаков можно выделить возможные варианты оценки (табл. 3).

Количественные оценки признаков определяются на этапе разработки методики оценки текущего агрегированного риска по видам оборудования.

Разделение групп оборудования на группы приоритетов может быть осуществлено на основе следующих критериев:

*1-я группа приоритета* — оборудование, имеющее негативные (номер «1») оценки по признакам «Влияние на безопасность и экологию», «Критичность оборудования», «Наличие резервирования» (по данному признаку оценки номер «1» и «2»), «Время простоя».

*2-я группа приоритета* — оборудование,

не имеющее негативных оценок по указанным для 1-й группы приоритета критериям, но имеющие негативные оценки по признакам «Влияние на условия и ТЭП эксплуатации», «Стоимость оборудования, его замены/ремонта».

*3-я группа приоритета* — оборудование, не имеющее негативных оценок по всем признакам (номер «2», номер «3»).

Таким образом, с учетом вышеуказанных критериев, принятие решения об отнесении оборудования к определенной группе приоритетов осуществляется в соответствии с диаграммой, представленной на рис. 1.

Для целей оценки возможностей воздействия на оборудование необходимо разработать следующий документ — справочник стратегий воздействий, который предназначается для описания допустимых стратегий воздействий и служит информационным инструментом для лиц, принимающих решения в части управления производственными активами при выборе наиболее целесообразной стратегии воздействия на активы при заданных условиях и требованиях.

На сегодняшний день в мировой и отечественной практике применяются различные стратегии воздействия, такие как:

— эксплуатация до отказа (Run-to-Failure — RTF);

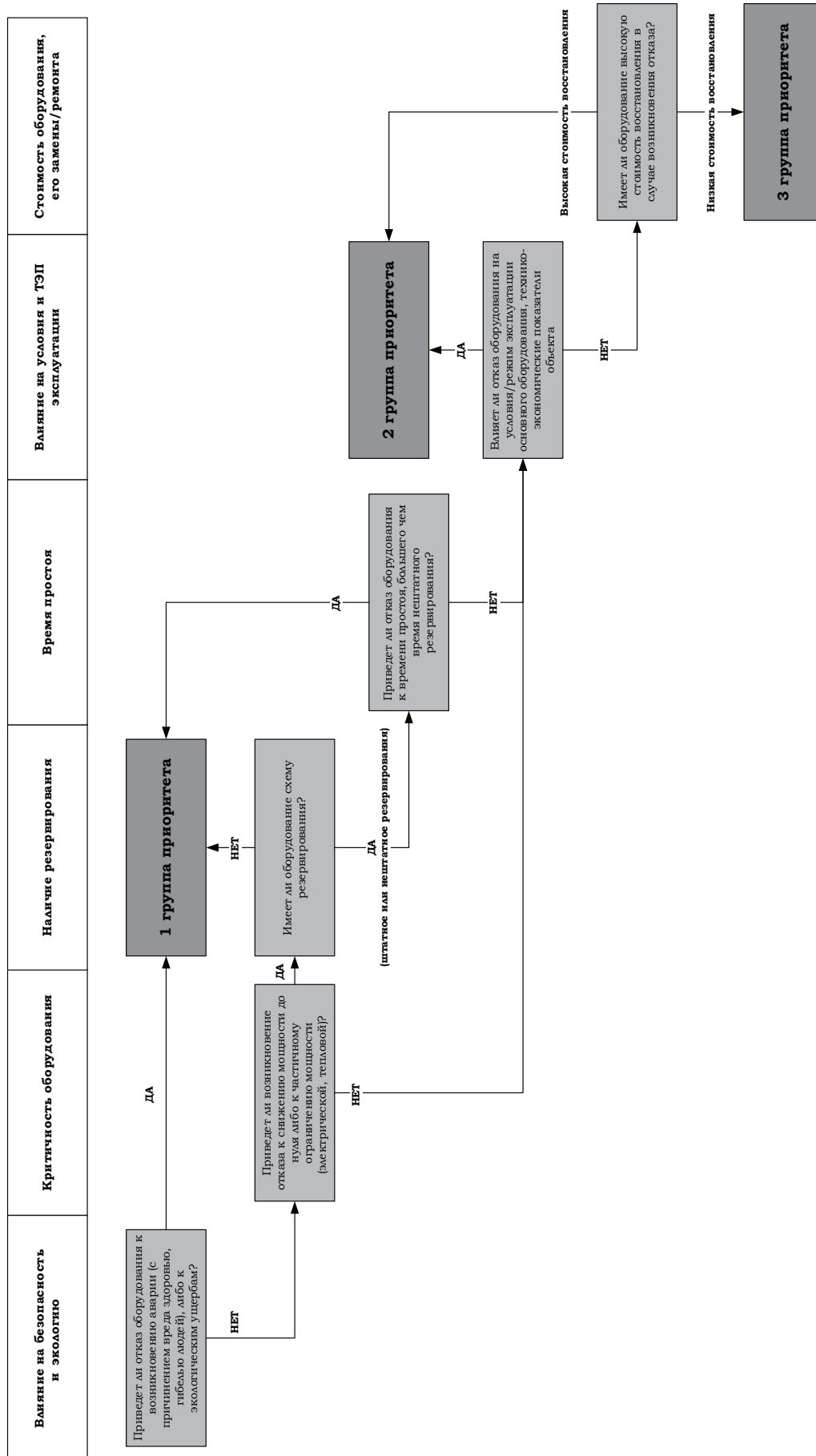


Рис. 1. Диаграмма алгоритма распределения оборудования по группам приоритетов



— планово-предупредительное обслуживание (Planned Preventive Maintenance — PPM);

— обслуживание по состоянию (Condition Based Maintenance — CBM);

— проактивное обслуживание (Predictive Maintenance — PM);

— обслуживание, ориентированное на надежность (Reliability Centered Maintenance — RCM);

— обслуживание, основанное на анализе рисков (Risk-based Maintenance — RBM);

— минимизация совокупной стоимости владения (Life Cycle Cost).

Особенностью использования указанных стратегий в рамках СУПА может являться возможность и необходимость комбинирования их составляющих (методов, входящих в состав стратегий) при формировании финальной стратегии воздействия на актив. Выбор используемой стратегии воздействия определяется с учетом принадлежности оборудования к одной из трех групп приоритетов оборудования.

Стратегии воздействия и комбинации методов, входящих в их состав, могут иметь ограничения, связанные с ранжированием оборудования по приоритетам. Все вышеуказанные стратегии воздействия, начиная от эксплуатации до отказа и заканчивая минимизацией совокупной стоимости владения, образуются за счет комбинации того или иного состава базовых методов:

— анализа дефектов и отказов;

— оценки и прогнозирования технического состояния, вероятности отказа;

— оценки и прогнозирования рисков отказа;

— моделирования сценариев воздействий и минимизации стоимости владения.

Состав методов, используемых в конкретной стратегии, определяет ее эффективность (точность планирования, получение экономического эффекта в виде снижения затрат и/или снижения уровня рисков и др.) и уровень требований к объему и периодичности сбора первичной информации, сложности алгоритмов и уровню автоматизации процессов принятия решений в части планирования технологических воздействий на активы.

Для каждой из групп приоритетов обо-

дования, с учетом ее признаков критичности (влияние на уровень безопасности, снижение мощности объекта, ТЭП, стоимость оборудования), необходим и достаточен с точки зрения баланса требуемой эффективности планирования и сложности применения того или иного набора применяемых методов: от наиболее полного, до минимального.

Таким образом, в рамках СУПА предлагается определить следующий перечень применяемых стратегий воздействия, приведенный в табл. 4.

По результатам разработки справочника, рекомендуемыми к применению в рамках СУПА могут быть следующие стратегии воздействия:

*Для 1-й группы приоритета оборудования:*

Стратегия воздействия на основе комплексного подхода, включающего минимизацию стоимости владения на всем жизненном цикле, оценку и прогнозирование технического состояния и рисков отказа (с учетом нормативных ограничений по срокам проведения ремонтов).

*Для 2-й группы приоритета оборудования:*

Стратегия воздействия на основе оценки и прогнозирования технического состояния и рисков отказа (с учетом нормативных ограничений по срокам проведения ремонтов).

*Для 3-й группы приоритета оборудования (в зависимости от степени контроля сроков проведения воздействий на ту или иную единицу оборудования надзорными органами):*

Стратегия планово-предупредительного воздействия (при наличии контроля со стороны надзорных органов) и стратегия эксплуатации до отказа (в отсутствие такого контроля).

Для выбора стратегии воздействия немаловажную роль играет идентификация дефекта оборудования. Соответственно, требуется разработка такого документа, как классификатор дефектов для выбранных групп оборудования, который позволяет идентифицировать, фиксировать и систематизировать информацию о дефектах для облегчения ведения статистики дефектов по каждой единице оборудования и оценки характерных

Таблица 4

**Перечень стратегий воздействия, допустимых для применения в рамках СУПА**

Код стратегии	Стратегия воздействия	Применяемые методы
<b>1-я группа приоритета</b>		
001	Стратегия воздействия на основе комплексного подхода, включающего минимизацию стоимости владения на всем жизненном цикле, оценку и прогнозирование технического состояния и рисков отказа (без учета нормативных ограничений по срокам проведения ремонтов (ППР))	<ul style="list-style-type: none"> <li>— минимизация стоимости владения на всем жизненном цикле;</li> <li>— оценка и прогноз вероятности и рисков отказа;</li> <li>— оценка и прогноз технического состояния;</li> <li>— анализ дефектов и отказов.</li> </ul>
002	Стратегия воздействия на основе комплексного подхода, включающего минимизацию стоимости владения на всем жизненном цикле, оценку и прогнозирование технического состояния и рисков отказа (с учетом нормативных ограничений по срокам проведения ремонтов (ППР))	<ul style="list-style-type: none"> <li>— минимизация стоимости владения на всем жизненном цикле;</li> <li>— оценка и прогноз вероятности и рисков отказа;</li> <li>— оценка и прогноз технического состояния;</li> <li>— анализ дефектов и отказов.</li> </ul> (С учетом при реализации данных методов нормативных ограничений по срокам проведения ремонтов).
003	Стратегия воздействия на основе Планово-предупредительного воздействия	— анализ дефектов и отказов.
<b>2-я группа приоритета</b>		
004	Стратегия воздействия на основе оценки и прогнозирования технического состояния и рисков отказа (без учета нормативных ограничений по срокам проведения ремонтов (ППР))	<ul style="list-style-type: none"> <li>— оценка и прогноз вероятности и рисков отказа;</li> <li>— оценка и прогноз технического состояния;</li> <li>— анализ дефектов и отказов.</li> </ul>

Окончание таблицы 4

005	Стратегия воздействия на основе оценки и прогнозирования технического состояния и рисков отказа (с учетом нормативных ограничений по срокам проведения ремонтов (ППР))	— оценка и прогноз вероятности и рисков отказа; — оценка и прогноз технического состояния; — анализ дефектов и отказов. (С учетом при реализации данных методов нормативных ограничений по срокам проведения ремонтов).
003	Стратегия воздействия на основе Планово-предупредительного воздействия	— анализ дефектов и отказов.
<b>3-я группа приоритета</b>		
003	Стратегия воздействия на основе Планово-предупредительного воздействия	— анализ дефектов и отказов.
006	Эксплуатация до отказа	—

затрат для различных сценариев воздействий при формировании производственной программы.

В рамках работы СУПА дефекты, возникающие при эксплуатации оборудования, должны быть идентифицированы и зафиксированы в системе согласно классификатору дефектов. В зависимости от критичности оборудования, по соответствующему дефекту возможна реализация внеплановых воздействий, планирование воздействий в рамках ремонтных работ, либо эксплуатация соответствующего узла до отказа с последующей заменой.

Под дефектами оборудования понимается отклонение значений параметров технического состояния оборудования от нормативных значений. По результатам анализа перечня параметров, характеризующих техническое состояние оборудования, выделяются группы дефектов, связанные с выходом данных параметров за нормативное значение. Пример классификатора дефектов представлен в табл. 5.

Как отмечено выше, группы дефектов оборудования выделяются на основании параметров технического состояния оборудования, которые проверяются на соответствие нормативным. В связи с этим требуется фор-

мирование справочника параметров и нормативных значений параметров оборудования, который позволяет формировать структурированный перечень параметров технического состояния конструктивных элементов оборудования и нормативных значений параметров в соответствии с распорядительными документами, ГОСТ и другими нормативными документами.

Для каждого конструктивного элемента оборудования в соответствии с классификатором ОПА должны быть определены параметры, характеризующие его техническое состояние.

В зависимости от конструктивных особенностей рассматриваемого оборудования, предлагается выделить разные виды конструктивных элементов оборудования:

— ресурсопределяющие узлы оборудования (например, для оценки состояния паровых турбин необходимо выделять блок клапанов цилиндра высокого давления);

— ресурсопределяющие участки оборудования (например, для оценки технического состояния паровых котлов, необходимо выделять и отдельно рассматривать нижнюю, среднюю и верхнюю радиационные части, которые являются единым элементом пароводяного тракта оборудования);

Таблица 5

## Пример классификатора дефекта оборудования

1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*
Свист, трещина на трубопроводе поверхности нагрева в обогреваемой зоне	001	003	03С	Г_КТ	К_	001	001	001	Топочные экраны поверхностей нагрева корпуса прямооточного парового котла котлоагрегата
			03С	Г_КТ	К_	002	001	002	НРЧ поверхностей нагрева корпуса прямооточного парового котла котлоагрегата
Отдулины, остаточная деформация труб, увеличение диаметра трубы поверхности нагрева в обогреваемой зоне	002	003	03С	Г_КТ	К_	001	001	001	Топочные экраны поверхностей нагрева корпуса прямооточного парового котла котлоагрегата
			03С	Г_КТ	К_	002	001	002	НРЧ поверхностей нагрева корпуса прямооточного парового котла котлоагрегата

\* Обозначения столбцов таблицы: 1. Наименование вида дефекта; 2. Порядковый номер дефекта; 3. Код вида воздействия; 4. Код объекта генерации; 5. Код генерирующей единицы мощности (ГЕМ); 6. Код вида стационарного оборудования 1-го уровня; 7. Код вида стационарного оборудования 2-го уровня; 8. Код вида стационарного оборудования 3-го уровня; 9. Код вида стационарного оборудования 4-го уровня; 10. Название единицы оборудования.

— технологические системы оборудования (например, системы охлаждения, возбуждения и др.).

Определение параметров технического состояния для каждого конструктивного элемента оборудования должно производиться на основе следующих принципов:

— перечень технических параметров состояния оборудования должен соответствовать требованиям нормативно-технической документации;

— выход технического параметра состояния за предельно допустимый диапазон значений может привести к наступлению типового отказа или дефекта оборудования;

— восстановление фактических значений параметров до нормативных значений происходит только после проведения технического воздействия на оборудование.

Для каждого параметра в рамках анализа нормативно-технической документации должны быть определены нормативные значения, несоблюдение которых при эксплуатации и ремонте может приводить к возникновению отказов или дефектов оборудования. Занесение нормативных значений параметров оборудования в справочник должно сопровождаться указанием нормативного документа, предъявляющего требования к параметрам оборудования; они должны быть определены для каждого типа оборудования с учетом изменений, возникших в процессе эксплуатации, продления срока службы или модернизации оборудования. Выход значений параметров за рамки нормативных, свидетельствует о неисправности и должен сопровождаться мероприятиями по восстановлению работоспособности оборудования.

Нормативные значения параметров могут быть качественными и количественными с определением диапазона изменения значений, в рамках которых оборудование соответствует требованиям нормативно-технической документации.

В случае, если количественный параметр технического состояния оборудования имеет несколько диапазонов нормативных значений с допустимым временем эксплуатации оборудования, то все нормативные диапазоны значений должны быть зафиксированы в справочнике (например, параметр технического состояния «Вертикальная вибрация

опор подшипников турбины» имеет следующие диапазоны нормативных значений: не более 4,5 мм·с — 1; от 4,5 до 7,1 — не более 30 суток; от 7,1 до 11,2 — не более 7 суток; не более 11,2). Качественные параметры характеризуются наличием или отсутствием дефектов, замечаний к работе оборудования.

Наравне со справочником видов дефектов необходимо формировать также справочник видов отказов, который позволяет производить подсчет рисков, связанных с конкретными отказами оборудования, и планирование воздействий по недопущению данных отказов. Справочник отказов должен отражать среднестатистическую частоту возникновения и предполагаемую длительность отказов. Группировка отказов согласно признакам позволяет корректно оценивать вероятности возникновения отказов и последствия наступления данных отказов.

Под отказами понимаются события, наступление которых влечет останов оборудования, связанный с невозможностью выполнения назначенных функций.

Формирование справочника отказов происходит на основе выделения характерных отказов по каждому конструктивному элементу оборудования согласно структуре классификатора ОПА энергообъекта.

В соответствии с перечнем признаков отказы могут быть однозначно поделены на группы, которым сопоставляются определенные методики восстановления и проведения воздействий.

Перечень отказов характеризуется признаками, представленными в табл. 6.

Определены также последствия отказа конкретной единицы оборудования, позволяющие выяснить ведет ли отказ единицы оборудования к снижению ТЭП, экологическим и другим ущербам. Для этой цели необходимо формировать справочник последствий отказов оборудования. Такой справочник предлагается формировать в соответствии со следующими принципами:

— справочник оборудования должен формироваться в соответствии с вышеперечисленным документом «Справочник видов отказов» с указанием их среднестатистических частот и длительностей (структура которого соответствует структуре классификатора ОПА энергообъекта);

Таблица 6

## Перечень принципов классификации отказов

Признак	Значение	Комментарий
Тип отказа	Отказ функционирования	Элемент теряет возможность выполнять свою функцию
	Параметрический отказ	Элемент продолжает выполнять свою функцию, однако его выходные показатели снижаются
Характер возникновения отказа	Внезапный отказ	Внезапное, скачкообразное ухудшение характеристик объекта до неприемлемого уровня
	Постепенный отказ	Постепенное ухудшение характеристик объекта
Причина возникновения	Конструкционный отказ	Отказ, обусловленный несовершенством конструкции объекта
	Сборочный отказ	Отказ, обусловленный дефектом изготовления или монтажа объекта
	Эксплуатационный отказ	Отказ, обусловленный нарушением правил эксплуатации объекта
Характер устранения	Устойчивый отказ	Множественно возникающий отказ одного и того же характера возникающий систематически через определенные промежутки времени
	Перебегающий отказ	Множественно возникающий отказ одного и того же характера не имеющий четко выраженной закономерности появления
Среднестатистическая частота отказа	Среднестатистическое количество остановов в год	Количество случаев наступления отказов за год
Среднестатистическая длительность отказа	Количество суток	Средняя продолжительность работ по устранению отказа до момента пуска оборудования
Последствия отказа	Пренебрежимо малые последствия	Отказ устраняется в рабочем порядке
	Не критические последствия	Финансовые и иные потери незначительны
	Критические последствия	Существенные финансовые потери, незначительны обусловленные затратами на восстановление и штрафными санкциями
	Катастрофические последствия	Гибель людей, серьезный ущерб для экологии, длительная невозможность восстановления работоспособности

Окончание таблицы 6

Возможность дальнейшего использования	Возможно	Объект ремонтпригоден и после восстановления может выполнять свою функцию с установленными параметрами
	Невозможно	Объект неремонтпригоден и требует замены
Легкость обнаружения	Явный отказ	Отказ проявляется в момент возникновения явным образом
	Скрытый отказ	Отказ выявляется при обследовании оборудования. Между возникновением и обнаружением отказа может пройти некоторое время.
Время возникновения	Отказ при нормальной эксплуатации	Отказ на стадии нормальной эксплуатации оборудования в пределах установленного срока службы
	Отказ за нормативным сроком эксплуатации	Отказ, обусловленный необратимыми последствиями, сопровождающими процесс эксплуатации объекта за пределами установленного срока службы.

— необходимо выделить следующие поля справочника: наличие экологических ущербов (да/нет), снижение электрической мощности (да/нет), снижение тепловой мощности (да/нет), ухудшение ТЭП (да/нет), снижение выпуска вспомогательной продукции (да/нет).

Итоговым документом в информационной базе, для которого все данные документов, перечисленные в настоящей работе, являются входной информацией, должен быть справочник видов воздействий. Справочник позволит определить номенклатуру видов технологических воздействий, рассматриваемых к применению в рамках СУПА в процессах управления активами, в частности, планирования программ технологических воздействий. Справочник видов воздействий разрабатывается в соответствии со справочником стратегий воздействий и сможет отразить возможные виды воздействий в рамках каждой из стратегий. Предлагается в указанный справочник включить следующий перечень видов воздействий:

1. Новое строительство;
2. Модернизация;

3. Техническое перевооружение и реконструкция;
4. Замена и перемаркировка оборудования;
5. Демонтаж;
6. Капитальный ремонт;
7. Средний ремонт;
8. Расширенный ремонт;
9. Текущий ремонт и техническое обслуживание;
10. Внеплановый ремонт;
11. Плановый контроль состояния/параметров;
12. Внеплановое обследование;
13. Обследование сторонними организациями;
14. Нетиповые работы по безопасной эксплуатации оборудования.

Разработанные справочники и классификаторы информационной базы СУПА создают необходимую научно-методическую основу для формирования инвестиционных и производственных программ ТЭС с учетом требований международных стандартов по управлению производственными активами.

**Литература**

1. ГОСТ Р 55.0.01-2014/ИСО 55000:2014 «Управление активами. Национальная система стандартов. Общее представление, принципы и терминология».

2. СО 34.04.181-2003. Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей от 01.01.2004 г.

3. Костерев Н. В., Бардик Е. И., Деркач Ю. М. Диагностика технического состояния асинхронных двигателей на основе интеллектуального анализа данных. // Электротехнические комплексы и системы управления. — 2007. — №2.

4. Мокроусова М. В. Управление надежностью, безотказностью, работоспособностью основных производственных фондов промышленного предприятия в условиях развития информационных технологий. // Вестник ВолГУ. Серия 9. — 2007. — Вып. 6.

5. Оклей П. И. Инструментальные средства и математические модели прогнозиро-

вания остаточного ресурса по фактически измеряемым параметрам оборудования электростанций. — М.: Ленанд, 2015. — 160 с.

6. Оклей П. И. Матричная модель управления производственными активами и фондами тепловой электростанции. // Монография «Современные информационно-аналитические инструменты в инноватике и управлении». — Ростов н/Д, 2015. — С. 53–59.

7. Романов А. А., Березовский К. Е., Неймин В. М. Управление ресурсом оборудования путем реализации «Программы обновления ТЭС». [Электронный ресурс] / РосТепло: все о теплоснабжении. — Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=693](http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=693), свободный (18.12.2015).

8. PAS 55-1:2008 «Менеджмент активов. Часть 1: спецификация для оптимизации менеджмента физических активов». — Британский институт стандартизации (BSI).

9. PAS 55-2:2008 «Менеджмент активов. Часть 2: руководящие указания по применению PAS 55-1». — Британский институт стандартизации (BSI).

*Поступила в редакцию*

*12 апреля 2015 г.*



**Павел Иванович Оклей** — кандидат экономических наук, руководитель Блока производственной деятельности ПАО «Интер РАО».

**Pavel Ivanovich Okley** — Ph.D., Candidate in Economics, Head of the Interrao Group's Production Activity Block.

119435, г. Москва, ул. Большая Пироговская, д. 27, стр. 2  
27 Bolshaya Pirogovskaya st., bld. 2, 119435, Moscow, Russia  
Тел.: +7 495 664 88 40; e-mail: [office@interrao.ru](mailto:office@interrao.ru)