

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-1-4-10>

УДК 658

Основные принципы классификации оборудования энергетических объектов

Гребчак Е. П.¹, Воробьев А. И.², Мищеряков С. В.^{3*}

¹ Министерство энергетики Российской Федерации, 129110, г. Москва, Россия ул. Щепкина д. 42

² ПАО «ТГК-1», 198188 г. Санкт-Петербург, пр. Добролюбова, д.16/А

³ Корпоративный энергетический университет, 111250, г. Москва, Россия, ул. Красноказарменная д.13, корп. «П»

Поступила / Received 18.01.2020

Принята к печати / Accepted for publication 06.03.2020

Представлены технологии, предназначенные для внедрения риск-ориентированного подхода в управлении производственными активами в части реализации онтологического моделирования для оценки технического состояния оборудования, потенциального ущерба, риска, определения состава, объема работ, сроков, стоимости и календарного планирования, предиктивной диагностики оборудования.

Выявлены и представлены проблемы создания универсальных классификаторов производственных активов, дублирующие позиции, имеющие разночтение в наименовании одной и той же группы оборудования, не полный перечень позиций по группам оборудования, несоответствие позиций классификации и их атрибутов в различных справочниках.

Изложены научные подходы к формированию классификаторов основного технологического оборудования (ОТО) в электроэнергетике. Определено место классификации в общем алгоритме онтологического моделирования производственной деятельности энергетических объектов и отрасли в целом, указали на насущную необходимость работ по классификации для внедрения цифровых технологий управления активами.

Представлены национальные стандарты, которые определяют требования к профилям информационных моделей и организации информационного обмена в электроэнергетике и устанавливают состав информационной модели для обеспечения однозначной интерпретации передаваемых и получаемых данных всеми участниками информационного обмена в электроэнергетике и соответствуют международным стандартам, что позволяет реализовать онтологическое моделирование в соответствии с серией стандартов CIM Международной Электротехнической Комиссии (МЭК, IEC).

Произведен и представлен анализ опыта классификации ОТО в энергетических компаниях по видам производственной деятельности и определены основные проблемы классификации их энергетического оборудования и других физических активов. Дана сравнительная характеристика российских систем классификации и зарубежных ERP-систем. Сформированы общие подходы к вопросам классификации. Рассмотрены возможные варианты способов классификации активов. Выделены единицы классификации по глубине и значимости для дальнейшего использования в процессе управления этапом их жизненного цикла «эксплуатация». Представлены конкретные направления использования единых классификаторов оборудования для кластерного анализа физических активов и выработки решений о техническом воздействии на них в процессе жизненного цикла.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: субъекты энергетики, производственные активы, управления активами, классификаторы, кластерный анализ, жизненный цикл физических активов

Адрес для переписки:

Мищеряков С. В.
Корпоративный энергетический университет
111250, г. Москва, Россия, ул. Красноказарменная д.13, к. «П»
E-mail: msv@keu-ees.ru

Address for correspondence:

Mischeryakov S. V.
NP «CTSCenter UES»
111250, Moscow, Russia, ul. Krasnokazarmennaya, 13, bldg. "P"
E-mail: msv@keu-ees.ru

Для цитирования:

Гребчак Е. П., Воробьев А. И., Мищеряков С. В.
Основные принципы классификации оборудования энергетических объектов. Надежность и безопасность энергетики 2020. – Т. 13, №1. – С. 4 – 10.
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-1-4-10>

For citation:

Grabchak E. P., Vorobyev A. I., Mischeryakov S. V. [Basic principles for classification of equipment of energy facilities]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry 2020, vol. 13, no. 1, pp. 4 – 10 (in Russian).
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-1-4-10>

Basic principles for classification of equipment of energy facilities

Grabchak E. P.¹, Vorobyev A. I.², Mischeryakov S. V.^{3*}

¹ Ministry of Energy of the Russian Federation
129110, Moscow, ul. Shchepkina, 42

² PJSC «TGK-1»
198188, St. Petersburg, Dobrolyubova ave., 16/A

³ NP «CTSCenter UES»
111250, Moscow, Russia, ul. Krasnokazarmennaya, 13, bldg. "P"

Technologies are presented that are designed to implement a risk-based approach in the management of production assets in terms of implementing ontological modeling to assess the technical condition of equipment, potential damage, risk, determination of the composition, scope of work, timing, cost and scheduling, predictive diagnosis of equipment.

The problems of creating universal classifiers of production assets, duplicate items that have different interpretations in the name of the same equipment group, an incomplete list of positions by equipment groups, inconsistency of classification items and their attributes in various directories are identified and presented.

Scientific approaches are outlined to the formation of classifiers of the main technological equipment (MTE) in the electric power industry. The place of classification in the general algorithm of ontological modeling of production activities of energy facilities and the industry as a whole is determined, the urgent need is pointed out for classification work to introduce digital asset management technologies.

National standards are presented that define the requirements for the profiles of information models and the organization of information communication in the electric power industry and establish the composition of the information model to ensure unambiguous interpretation of transmitted and received data by all participants in the information communication in the electric power industry and comply with international standards, which allows implementing ontological modeling in accordance with the series CIM standards of the International Electrotechnical Commission (IEC).

Analysis of the experience of the MTE classification in energy companies by type of production activity is made and presented, with the main problems in classifying their energy equipment and other physical assets identified. Comparative characteristic is given to the Russian classification systems and foreign ERP-systems. General approaches to classification issues are formed. Possible options for classifying assets are considered. Units of classification by depth and significance are defined for further use in the process of managing the "operation" stage of their life cycle. Specific directions are presented for using uniform equipment classifiers for cluster analysis of physical assets and developing decisions on the technical impact on them during the life cycle.

KEYWORDS: energy facilities, production assets, asset management, classifiers, cluster analysis, physical asset life cycle

Введение

Бурное развитие цифровых технологий управления параметрами жизненного цикла производственных активов выдвигает в число первоочередных системобразующих задач задачи идентификации оборудования, обобщения опыта работы с ним и унификации приемов, методов и механизмов моделирования. Декомпозиция технологического оборудования до функциональных узлов, их идентификация и последующая классификация являются основными процессами онтологического моделирования функционирования энергетических объектов. Существующее многообразие подходов к формированию информационного поля моделирования процессов, обеспечивающих жизненный цикл оборудования будет вносить и уже вносит трудности в работу, не позволяет обеспечивать трансляцию опыта эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов оборудования всем субъектам, обеспечивая положительную синергию производственных процессов. Для устранения этих проблем необходимо ответить на следующие вопросы. Как обеспечить синхронизацию различных подходов к идентификации оборудования? Как согласовать различные кодировки

одних и тех же единиц технологического оборудования (ЕТО/ЕО)? Что и какие признаки-атрибуты оборудования взять за основу классификации? И как эти самые атрибуты использовать в цифровых системах (справочниках, прототипах, моделях)? Рассмотрению этих актуальных вопросов, вопросов классификации основного технологического оборудования посвящена предлагаемая статья.

Актуальность темы

В ходе внедрения цифровых технологий в энергетике сформировалось противоречие между необходимостью реализации системной унификации идентификации оборудования и многообразием подходов к его осуществлению. В настоящее время, когда цифровые технологии обработки больших массивов данных становятся практически фактором производства, это неразрешенное противоречие практически блокирует, делает невозможным движение к созданию онтологической модели деятельности энергообъектов, осуществлению предиктивного анализа состояния оборудования и обоснованному выбору видов технического воздействия на него. Это противоречие фор-

мирует проблему, разрешение которой определяет актуальность рассматриваемой темы.

Системы классификации оборудования энергообъектов

В настоящее время на предприятиях электроэнергетики классификаторы используются для решения различных задач, в том числе по учету основных производственных фондов (бухгалтерский, имущественный учет), основной единицей которого является агрегат, установка, единица оборудования (ЕО). Для этого применяются общероссийские классификаторы ОКВЭД, ОКОФ, ОКПД 2, классификаторы Минпромторга, Минстроя и международные классификаторы (ККС), в том числе классификаторы ERP (SAP), и другие.

Ряд генерирующих и электросетевых компаний, в том числе ПАО «Россети», ПАО «РусГидро», ПАО «Лукойл», ПАО «Интер РАО» имеют опыт создания классификаторов оборудования и внедрения их в автоматизированных информационных системах. При этом в разных компаниях применяются различные классификаторы, в каждом из которых структура и наименования объектов различны и в результате неоднозначны на отраслевом уровне, что препятствует взаимодействию для эффективного решения информационных и управленческих задач.

Так, в ПАО «Интер РАО» разработан классификатор основных производственных фондов генерирующих компаний и тепловых сетей.

Система классификации разработана в соответствии со следующими нормативными документами:

- ГОСТ 6.01.1-87 «Единая система классификации и кодирования технико-экономической информации. Основные положения»;
- ПР 50-735-93 «Положение о ведении общероссийских классификаторов на базе информационно-вычислительной сети Госкомстата России».

Классификатор устанавливает единые методологические и организационные основы по определению групп генерирующего оборудования и их кодированию, что обусловлено необходимостью обеспечения информационной совместимости при обмене данными с централизованными Государственными Информационными Системами (ГИС).

В ПАО «РусГидро» утвержден классификатор основных фондов и нематериальных активов.

Классификатор состоит из следующих разделов:

- здания;
- земельные участки;
- сооружения;
- машины и оборудование;
- административно-хозяйственное оборудование;
- транспорт;
- нематериальные активы;
- прочие основные фонды.

Все указанные разделы имеют систему кодов, включающих:

- группу оборудования;

- класс оборудования;
- подкласс оборудования;
- наименование объекта;
- код ОКОФ.

В зависимости от особенностей оборудования, выделяются разные виды конструктивных элементов оборудования:

- ресурсопределяющие узлы оборудования;
- ресурсопределяющие конструктивные элементы оборудования;
- технологические системы оборудования.

Состав базовых классификаторов и справочников системы нормативно-справочной информации ПАО «Россети» включает в себя:

- классификатор основного производственного оборудования, включая марки оборудования (КОПО);
- классификатор оборудования для расчета индекса состояния (КОРИС);
- справочник параметров оборудования;
- справочник позиций измерений параметров;
- справочник нормативных значений параметров (по маркам оборудования);
- справочник единиц измерения параметров;
- справочник дефектов оборудования;
- справочник групп измерений;
- справочник видов технических мест;
- справочник шаблонов типовых технических мест;
- справочник видов технологических отключений;
- справочник технологических карт.

Классификатор основного производственного оборудования предназначен для определенных видов оборудования и подразделяется на классы, которые объединяются в иерархическую структуру, отражающую описание оборудования от общих свойств группы оборудования до детализации свойств отдельного вида и марки оборудования.

Оборудование, установленное на подстанциях и линиях электропередач, идентифицируемое по модели, марке, серийному номеру завода-изготовителя, описывается как единица оборудования.

Единица оборудования отражает реально существующий физический объект, для которого необходимо самостоятельно вести историю монтажа, диагностики, технического обслуживания и ремонтов. На рисунке 1 представлены группировки оборудования.

Система классификации в ДЗО ПАО «Лукойл» организована в соответствии с Системой идентификации для электростанций Kraftwerk Kennzeichensystem (KKS), разработанной немецким объединением промышленников VGB, с учетом адаптации и принятых положений РД 153-34.1-35.144-2002 «Рекомендации по применению современной универсальной системы кодирования оборудования и АСУТП ТЭС» (утв. Департаментом научно-технической политики и развития ПАО «ЕЭС России» 03.07.2002).

Система идентификации KKS служит для обозначения установок, частей установок и позиций оборудования в соответствии с задачей, типом и местоположением и представляет собой систематизированный набор кодов,

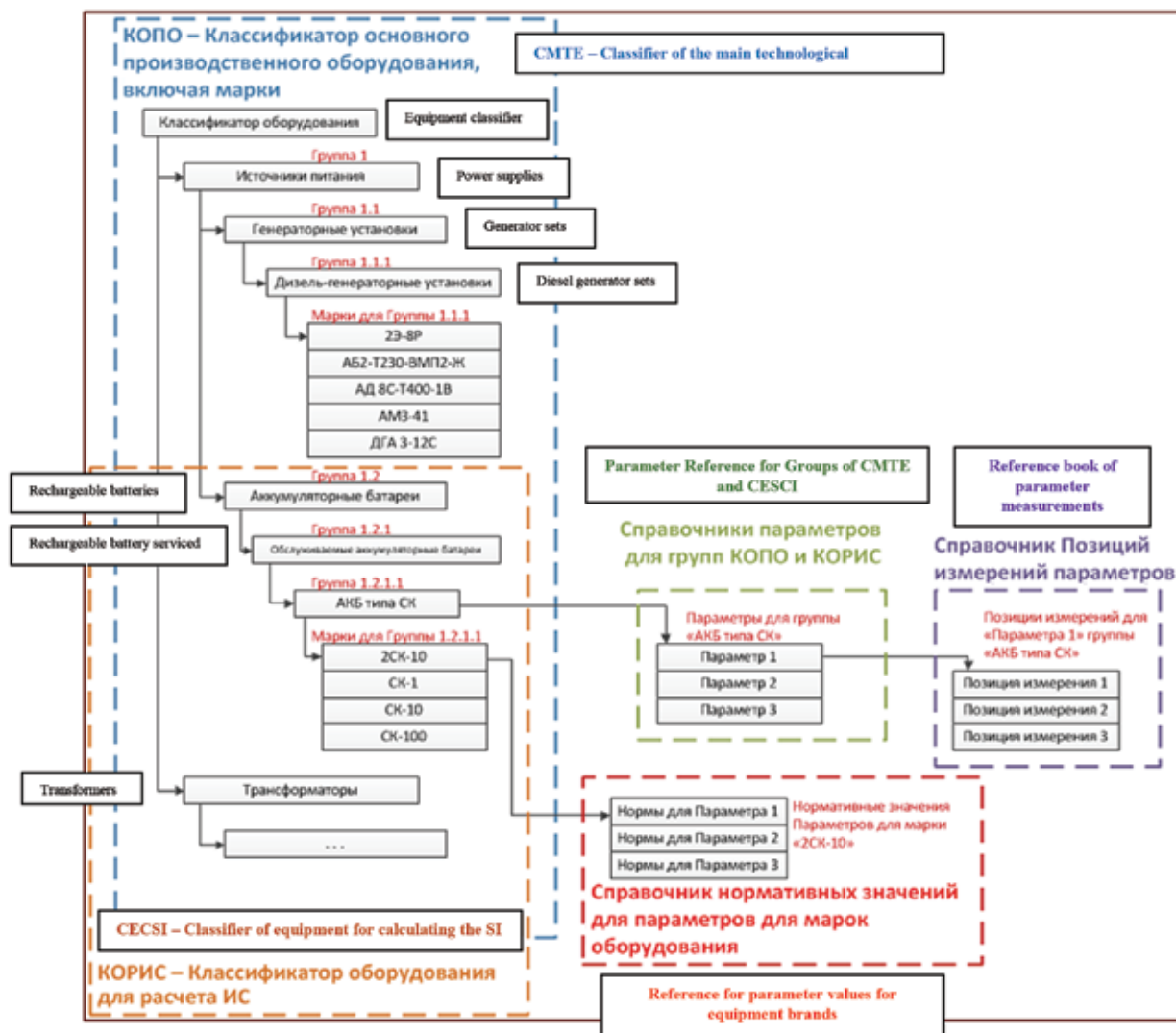


Рисунок 1. Группировка оборудования

Picture 1. Equipment groups

построенный по принципу «от общих групп к частным подгруппам». С помощью этих кодов могут быть идентифицированы все объекты электростанции, среди которых выделены характерные классы (технологические объекты, монтажные единицы, строительные объекты) [1].

Анализ действующих классификаторов показал отсутствие единых методологических подходов к классификации, идентификации (кодированию) объектов электроэнергетики, их оборудования / функциональных узлов, а также параметров, характеризующих, в том числе, техническое состояние, а именно:

- в каждой компании классификаторы и справочники строго ограничены составом и спецификой эксплуатируемых видов, типов и классов оборудования;
- не определен состав оборудования и его функциональных систем/узлов, конструктивных элементов и деталей в отношении, которого формируется оценка технического состояния;
- отсутствует единый подход к степени детализации/разукрупнению основных типов энергетического оборудования электрических станций и электрических сетей, к определению оптимального состава контролируемых

параметров оборудования, их значимости (весу) в итоговой количественной и качественной оценке;

- не в полной мере сформирована топология параметров, характеризующих текущее состояние функциональных систем/узлов и деталей в составе базовой системы оценки технического состояния оборудования;
- отсутствует единая система идентификации/кодирования оборудования;
- в связи с различиями систем оценки и как следствие получаемых результатов оценки технического состояния отсутствует корректная возможность сравнительного анализа технического состояния объектов электроэнергетики и их оборудования на отраслевом уровне.

Министерством энергетики ведутся исследования и разработки по формированию отраслевых требований к классификаторам и подготовлен доработанный приказ о введении классификатора основного технологического оборудования. Сформированные предложения по отраслевому классификатору должны быть применимы для следующих видов основного технологического оборудования и сооружений электрических станций и электрических сетей:

- паровые турбины установленной мощностью 5 МВт и более;
- газовые турбины установленной мощностью 5 МВт и более;
- гидротурбины установленной мощностью 5 МВт и более;
- гидрогенераторы номинальной мощностью 5 МВт и более;
- турбогенераторы номинальной мощностью 5 МВт и более;
- силовые трансформаторы (автотрансформаторы) напряжением 110 кВ и выше;
- паровые (энергетические) котлы;
- воздушные и кабельные линии электропередачи напряжением 110 кВ и выше [2].

Для эффективного решения отраслевых информационных и управленческих задач и для принятия решений о технических воздействиях на оборудование предлагается использовать единый отраслевой классификатор в системах управления производственными активами всех энергетических компаний.

В связи с тем, что на сегодняшний день определены не все задачи, решаемые на различных этапах жизненного цикла, на первоначальном этапе отраслевой классификатор будет использоваться в системах управления производственными активами на этапе жизненного цикла «Эксплуатация».

Для разработки и внедрения задаче-ориентированных классификаторов необходимо создать модель предприятия, описать субъекты и объекты деятельности и все решаемые задачи на различных этапах жизненного цикла (задача должна быть включена в проект дорожной карты по развитию Проекта).

Зарубежные компании достаточно часто применяют при управлении активами модули SAP. Одним из таких модулей является SAP TOPO (техническое обслуживание и ремонт оборудования) в SAP, который позволяет оптимизировать процессы технического обслуживания оборудования, запланировать ремонтные работы без ущерба для производственной деятельности, определить необходимый размер финансовых средств на запчасти и работы.

Модули TOPO SAP позволяют автоматизировать управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования на предприятии, оптимально распределив сроки ТО и финансовые ресурсы, выделяемые на эти цели. Для решения поставленных задач в программе задаются единицы оборудования, технические рабочие места, спецификация и технологические карты TOPO. Внедрение модуля SAP TOPO позволяет планировать предупредительное ТО и ремонт оборудования, автоматически создавать сообщения и заказы TOPO на основе измерений и показаний счетчиков, хранить историю техобслуживания для анализа данных по расходу запчастей, в т. ч.:

- автоматизировать ведение данных по оборудованию (технические места, единицы оборудования, его классификация, спецификация технических объектов и т. п.);
- провести паспортизацию оборудования;

- обеспечить ведение баз данных по нормативам и каталогам TOPO;

- произвести расчет потребностей в материалах, агрегатах, запасных частях и обеспечить формирование заявок на их закупку в необходимых количествах и ассортименте;

- обеспечить учет и контроль выполнения ремонтных работ, в т. ч. контроль выполнения проведенных ремонтов, подтверждения фактического количества часов, затраченных на проведение ремонтных работ, отпуск материалов;

- вести управление закупками (составить графики закупок для обеспечения своевременной поставки материалов и запчастей для ремонта и технического обслуживания оборудования);

- планировать численность персонала и иных видов материальных ресурсов, необходимых для TOPO;

- эффективно распределять и корректировать затраты на ремонт по выбранным показателям (структурное подразделение, определенный период времени) [3].

Комплексное описание актива достигается за счет данных диагностики, измерений, испытаний, дефектов, получаемых из АСУТП и в ходе осмотров, а также имеющихся статистических данных.

За управление техническим обслуживанием и ремонтами по современным представлениям отвечает класс информационных систем, называемый «Системы управления производственными (физическими) активами предприятия». Соответствующий англоязычный термин — Enterprise Asset Management (EAM).

Эти системы решают комплекс задач, связанных с эффективностью использования всех физических активов предприятия, производственного оборудования, зданий и сооружений, вспомогательного оборудования и инженерных сетей.

Система класса EAM включает в себя подсистему поддержки принятия решений, которая предоставляет руководителю интегральные показатели, например, подсистему мониторинга простоев оборудования (основанную на показателях доступности, эффективности и качества). Функции систем класса EAM охватывают широкий круг задач: от паспортизации оборудования, выбора стратегий обслуживания и планирования ТО и ремонтов до обеспечения процессов ТОиР персоналом и ресурсами (как материальными, так и финансовыми), анализа результатов управления и пересмотра программ обслуживания.

Возможности EAM сводятся к следующим:

- состав и иерархическая структура оборудования;
- склад запасных частей и материалов;
- трудовые ресурсы;
- формирование и обработка заявок на снабжение;
- планирование предупредительного обслуживания;
- учет и контроль затрат;
- учет и контроль выполнения работ;
- стандартная и специальная отчетность;
- поддержка всего жизненного цикла оборудования;
- сервисное обслуживание;
- прогнозируемое обслуживание (по состоянию);

- выбор стратегии обслуживания;
- управление физическими рисками владения активами;
- обслуживание, ориентированное на надежность;
- анализ коренных причин отказов;
- анализ стоимости жизненного цикла активов;
- управление технической документацией;
- анализ эффективности использования активов;
- планирование развития производственных активов [3].

Сегодня модули для управления ТОиР есть в большинстве интегрированных систем управления предприятиями (как зарубежных: SAP R3, Microsoft Dynamics и др., так и отечественных, таких, как «1С:ERP Управление предприятием», «Галактика ERP» и др.).

Система EAM позволяет достичь показателей надежности и операционной эффективности, а именно предполагается:

- увеличение использования ресурсов;
- сокращение простоев;
- соответствие планам;
- увеличение доступности оборудования;
- сокращение складского запаса;
- ускорение процесса ремонтов;
- увеличение эффективности обслуживания;
- сокращение переработок;
- сокращение затрат на материалы;
- увеличение эффективности бюджетирования;
- сокращение затрат при единой системе, исключение избыточности.

В идеальном варианте процессы управления производственными активами должны быть автоматизированы в рамках единой информационной системы управления, построенной на основе программного обеспечения класса EAM или ERP (Enterprise Resource Planning — планирование ресурсов предприятия). При этом Международной Электротехнической Комиссией (МЭК или по-английски IEC) разработан набор открытых стандартов для представления элементов электроэнергетических систем (в том числе IEC 61968-11(2013)), оформленных в виде общей информационной модели (Common Information Model) или CIM.

15.11.2019 г. в России приняты ГОСТ Р 58651.1 – 15.11.2019 «Информационная модель электроэнергетики. Основные положения» и ГОСТ Р 58651.2 – 15.11.2019 «Информационная модель электроэнергетики. Базисный профиль информационной модели», которые определяют требования к профилям информационных моделей и организации информационного обмена в электроэнергетике и устанавливают состав информационной модели для обеспечения однозначной интерпретации передаваемых и получаемых данных всеми участниками информационного обмена в электроэнергетике. Принятие ГОСТов дает дополнительный импульс работам по разработке единых отраслевых классификаторов основного технологического оборудования.

Опыт разработки классификаторов показывает, что основным источником информации для формирования классификатора основного оборудования должны быть

данные структур оборудования, технических мест, единиц оборудования и различных вспомогательных справочников.

Для осуществления работ должна быть проведена классификация выделенного состава оборудования в соответствии с разработанной методико-регламентной документацией и типовой структурой оборудования.

Для создания классификаторов в энергетике наиболее приемлемыми являются комбинированные фасетные и иерархические схемы с параллельным и последовательным кодированием оборудования. При этом основными принципами/правилами формирования записей должны стать следующие принципы:

- 1) наследования, первоочередность наиболее общих признаков;
- 2) использование на каждой ступени только одного признака, имеющего принципиальное значение для этого этапа;
- 3) разделение объектов последовательно — от большего к меньшему, от общего к частному;
- 4) выбор из множества признаков одинаковой степени общности наиболее существенного;
- 5) необходимость установления оптимального числа признаков и ступеней, а также глубины;
- 6) одинаковая значимость и независимость используемых классификационных признаков;
- 7) отсутствие общности классификационных признаков (уникальность признаков);
- 8) возможность дополнения количества признаков.

После разработки Единого классификатора установок, технологических систем и групп оборудования к нему привязывается разработанный справочник основных и вспомогательных Функций. За основу при разработке данного справочника должен быть взят подход к функциональной классификации по стандарту KKS (Kraftwerk Kennzeichen System). Пример представлен на рисунке 2.

Классификация при онтологическом моделировании используется для проведения кластерного анализа и выработки рационального решения о техническом воздействии на оборудование по его фактическому состоянию.

Кластерный анализ — один из методов многомерной статистики. Он наиболее ярко отражает черты многомерности в процедуре классификации объектов. Главное назначение кластерного анализа — разбиение множества исследуемых объектов, характеризуемых совокупностью признаков, на однородные в соответствующем понимании группы (кластеры). Это означает, что решается задача классификации данных и выявления соответствующей структуры в ней.

Кластер — группа элементов, характеризуемых общим свойством, главная цель кластерного анализа — нахождение групп схожих объектов в выборке. Кластерный анализ выполняет следующие основные задачи:

- Разработка типологии или классификации.
- Исследование полезных концептуальных схем группирования объектов.
- Порождение гипотез на основе исследования данных.

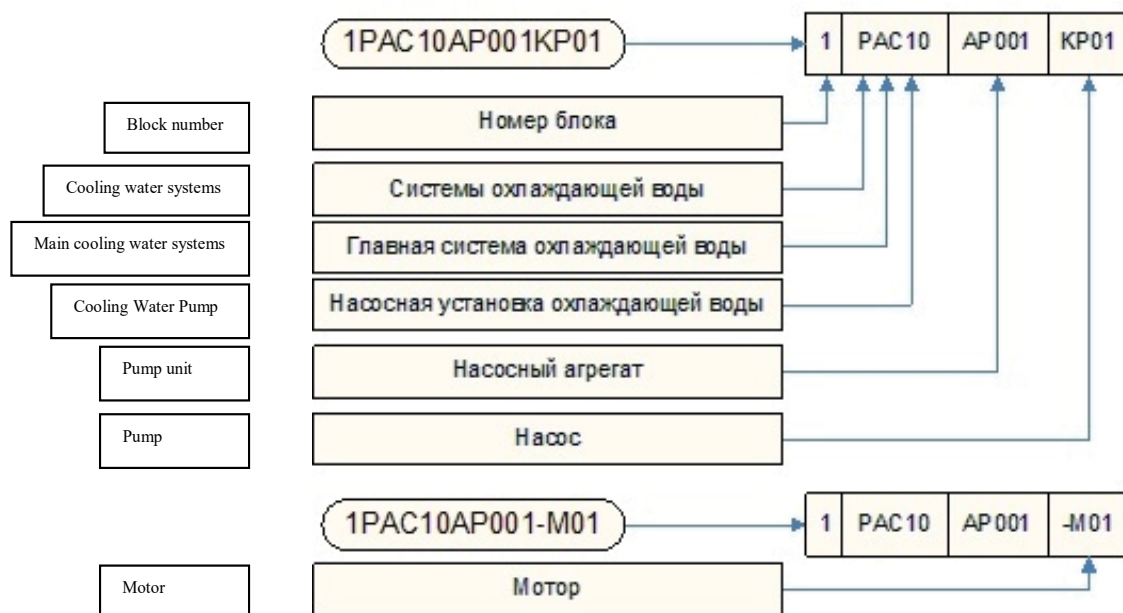


Рисунок 2. Функциональная классификация по стандарту KKS [4]

Picture 2. Functional classification according to the KKS standard [4]

– Проверка гипотез или исследования для определения, действительно ли типы (группы), выделенные тем или иным способом, присутствуют в имеющихся данных.

Независимо от предмета изучения применение кластерного анализа предполагает следующие этапы:

- Отбор выборки для кластеризации.
- Определение множества переменных, по которым будут оцениваться объекты в выборке.
- Вычисление значений той или иной меры сходства между объектами.
- Применение метода кластерного анализа для создания групп сходных объектов.
- Проверка достоверности результатов кластерного решения [5].

Решение этих задач методами кластеризации позволит определить рациональные решения по ТОиР оборудования и обеспечить автоматизацию процессов подготовки управленческих решений на владение им и оптимизацию его жизненного цикла.

Заключение

Классификация оборудования является существенной составляющей внедрения в энергетике цифровых технологий. Вопросы классификации решаются в каждой энергетической компании по-разному. Министерство энергетики совместно с энергетическими компаниями разрабатывают универсальные подходы к классификации оборудования для эффективного решения отраслевых информационных и управленческих задач, для принятия решений о технических воздействиях на оборудование и создания онтологических моделей производственной деятельности отрасли. В целях унификации подходов к классификации оборудования необходимо на базе стандартов МЭК и опыта

работы в этом направлении зарубежных и Российских компаний закрепить в нормативных документах правила и требования к классификаторам оборудования энергетических компаний и обеспечить их синхронизацию на уровне отрасли.

Использованные источники

1. Гребчак Е. П. Цифровая трансформация энергетики. // Энергия единой сети 2018; 4 (40). 12 – 26.
2. Приказ Министерства энергетики РФ от 26 июля 2017 г. № 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей».
3. Управление жизненным циклом активов при помощи EAM-решений, <https://www.sap.com/cis/>. 12.11. 2019
4. РД 153-34.1-35.144-2002, Рекомендации по применению современной универсальной системы кодирования оборудования и АСУ ТП ТЭС. Основные положения.
5. Орлов А. И. Теория принятия решений // М.: Экзамен 2006; 473.

References

1. Grabchak E.P. Digital transformation of energy. Basic approaches // Energy of a single network 2018; 4 (40). 12 – 26.
2. Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation dated July 26, 2017 No. 676 «On approval of the methodology for assessing the technical condition of the main technological equipment and power lines of electric stations and electric networks».
3. Asset lifecycle management using EAM solutions, <https://www.sap.com/cis/>. 12.11. 2019
4. RD 153-34.1-35.144-2002, Recommendations on the use of a modern universal coding system for equipment and process control systems of thermal power plants. Key Points.
5. Orlov A. I. Theory of decision-making // M.: Exam 2006; 473.