

ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

УДК 005

Н.Ю. Бабанов¹, С.В. Жоров²

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
ООО «Газпром трансгаз Сургут»²

В последние десятилетия в связи с широким распространением автоматизированных и информационных технологий на предприятиях стали внедряться новые элементы в виде систем автоматического управления, информационно-управляющих систем и автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП). Они позволили повысить эффективность управления оборудованием и персоналом, но в то же время изменили общепринятую структуру управления промышленным объектом, внося новые связи и взаимодействия между элементами. Кроме того, являясь частью многоуровневой системы, эти элементы сами также нуждаются в контроле и управлении. В статье приведены исследования промышленных объектов с применением системного анализа и предложены методы совершенствования процессов контроля и управления работоспособностью технологических объектов.

Ключевые слова: системный анализ, метод, работоспособность, управление, декомпозиция, объектная база данных, формализация, нештатное событие, автоматизированная система, технологический объект.

Согласно одному из определений системы, она представляет собой средство достижения цели. Промышленное предприятие также по своей сути является средством достижения некоторой цели по обеспечению выполнения технологического процесса. Задача совершенствования промышленных предприятий всегда остается одной из наиболее приоритетных направлений прикладных научных исследований, и для этих целей, на наш взгляд, наиболее предпочтительно использование системного анализа как основного инструмента для решения существующей проблемы в соответствии с поставленными задачами.

Согласно теории академика В.М. Глушкова, наше общество в настоящее время находится в стадии преодоления второго информационного барьера, происходящего при этом очень высокими темпами [1]. Изначально управление и непосредственно работа выполнялись одними и теми же людьми. Но с повышением сложности выполняемых задач появился первый информационный барьер, который ограничивался пропускной способностью отдельного человека как системы управления (2-4 бит/с). Его преодоление произошло благодаря введению торгово-денежных отношений и внедрению иерархического принципа управления. В соответствии с данным принципом появилось лицо, принимающее решение (ЛПР), и группа подчиненных лиц, отвечающих за отдельные функции объектов управления. Второй информационный барьер возник, когда суммарная сложность задач по управлению объектом, состоящих из i человек и j средств, стала выше способности систем по переработке информации. Причиной такого кризиса оказывается невозможность даже множеством людей охватить все проблемы управления хозяйством. В 1930-х гг. для решения проблем управления в нашей стране требовалось производить порядка 10^{14} млн математических операций в год; в середине 1970-х гг. –

уже примерно 10^{16} млн. Поскольку один человек без помощи техники способен произвести в среднем 1 млн операций в год, необходимо около 10 млрд человек для того, чтобы экономика оставалась хорошо управляемой. Для преодоления второго информационного барьера был выбран принципиально другой путь: автоматизация всех информационных процессов, сетевые технологии и телекоммуникация, интернет.

Задача совершенствования промышленного предприятия в современных условиях развития заключается в оптимальном синтезе автоматизированных систем с организационным управлением: при имеющейся системе и множестве внешних воздействий необходимо построить систему управления в соответствии с требуемыми критериями качества [2]. Информационно-управляющие, автоматизированные и автоматические системы сами по себе являются многокомпонентными системами со сложной структурой, включающими в себя большое количество элементов: программное обеспечение, системное оборудование, информационно-управляющие каналы, коммуникационное оборудование и т. п. [3, 4]. Конечной целью системного анализа является разрешение проблемной ситуации, возникшей перед объектом проводимого системного исследования (конкретная организация, коллектив, предприятие, отдельный регион, социальная структура и т. п.) Решение проблемы определяется как деятельность, которая сохраняет или улучшает характеристики системы. Система рассматривается как средство, с помощью которого решается проблема [5]. Сохранение или улучшение систем производится введением изменений, повышающих эффективность использования ресурсов, в качестве которых выступают люди, материалы, оборудование, устройства, капитал и время.

В соответствии с принципами системного анализа [6], необходимо изучить проблемную ситуацию, выяснить причины, выработать варианты ее устранения, принять решение и организовать дальнейшее функционирование системы. На начальном этапе любого системного исследования предполагается изучить объект проводимого системного анализа с последующей его формализацией. Применительно к промышленным предприятиям, для достижения целей управления работоспособности технологических объектов в рамках системного анализа решается двойная задача. С одной стороны, необходимо формализовать непосредственно предприятие как объект системного исследования; с другой – формализации подлежат процесс исследования, процесс постановки и решения проблемы. На первом этапе требуется осуществить формализованное описание технологического объекта. При этом решаются задачи формализованного описания как статической составляющей системы (итогом может стать некоторая объектная база данных), так и ее поведения во времени (динамические аспекты, которые отражают функционирование системы, например, в виде математической модели). Следующим шагом необходимо формализовать сам процесс управления работоспособностью технологического объекта.

Составными частями процесса управления работоспособностью являются методы анализа состояния объекта для выявления сбоев технологического оборудования и методы по совершенствованию процессов их устранения, в том числе – разработка процедур прогнозирования и принятия в системах технического обслуживания и ремонта [7]. Развитие техники достигло в настоящее время такого уровня, при котором создание просто работоспособного технологического процесса само по себе уже не всегда удовлетворяет требованиям ведущих отраслей промышленности. В ходе реализации промышленных проектов необходимо обеспечить наилучшие показатели по ряду характеристик надежности, управляемости и восстанавливаемости систем после сбоев при сохранении всех остальных требований в заданных пределах. Таким образом, практика предъявляет требования создания не просто работоспособного предприятия, а оптимального объекта. При организации функционирования предприятия формулируются требования по максимизации эффективности его деятельности, надежности работы оборудования, оптимизации стратегий обслуживания систем, распределения ресурсов и т. п. [8].

Первым шагом проведения исследования системы является ее декомпозиция на составляющие элементы. В связи с тем, что технологический объект состоит из большого количества

составляющих элементов и их взаимодействий, декомпозиция такого объекта и формальное описание является достаточно сложным и трудоемким процессом. Для решения данной задачи одним из наиболее эффективных методов является создание объектно-ориентированной базы данных, в которой, согласно «золотым правилам» [9], должны быть отражены следующие составляющие:

- объекты, представляющие собой информационное отображение конкретных технологических объектов промышленного предприятия;
- классы объектов, совокупности объектов с общими свойствами (атрибутами);
- иерархии объектов, описание подчиненности объектов (иерархии необходимы для представления структуры данных для различных прикладных задач, работающих с объектами);
- атрибуты – характеристики объекта в рамках его класса, которые содержат в том числе топологию и связи со смежными объектами;
- параметры – динамические характеристики объектов, отображающие их текущее состояние.

Преимущество такого подхода заключается в том, что объектная база данных содержит не только перечень элементов, но и их иерархию подчинения, в ней проведены объединения объектов в классы, определены атрибуты и параметры объектов, по которым возможно судить об их характеристиках и текущем состоянии. Такая база позволяет однозначно формализовать технологические объекты промышленного предприятия с частичной формализацией организационных структур в виде определения взаимодействий территориальных подразделений [8]. В дальнейшем для детальной формализации технологического объекта на объектной базе данных возможна реализация математических, статистических и имитационных моделей.

Как уже говорилось ранее, помимо формализации самого объекта, необходимо определить процессы управления внутри промышленного предприятия. Для решения данной задачи и определения ее целесообразности обратимся к теории управления систем. Основными ее задачами являются: синтез параметров и структуры объекта управления, синтез параметров и структуры управляющей системы, синтез параметров и структуры системы связи. Единых методов решения перечисленных задач для всех типов систем на данный момент не существует. Однако для всех типов систем с управлением признается существование ряда аксиом и принципов управления, знание которых позволяет квалифицированно решать задачи управления: наличие наблюдаемости объекта управления, наличие управляемости, наличие цели управления, свобода выбора управляющих воздействий, наличие критерия эффективности управления, наличие ресурсов [6].

Задача управления заключается в ограничении разнообразия состояний управляемого объекта. Энтропия объекта управления должна стремиться к нулю $H(Y) = 0$. В этом случае неопределенность в части нахождения состояний объекта управления в управляющей системе должна полностью отсутствовать. Это означает, что объект управления находится в строго определенном состоянии с вероятностью, равной единице. Предположим, что управляемый объект имеет некоторый показатель качества y^l и может находиться в n состояниях $y_1^l, y_2^l, \dots, y_n^l$ с вероятностями $p(y_1^l), p(y_2^l), \dots, p(y_n^l)$. В этом случае сообщение Y о том, в каком из состояний находится объект в системе с полной информацией, будет содержать количество информации, равное его энтропии:

$$H(Y) = -\sum_{i=1}^n p(y_i^l) \log_2 p(y_i^l). \quad (1)$$

Для оценки состояния объекта, характеризуемого m показателями качества y^j , необходимо просуммировать также и по $j, j=1, 2, \dots, m$.

Энтропия $H(Y)$ – мера первоначальной неопределенности состояния объекта управления. Чем больше количество различных состояний объекта, тем меньше отличаются друг от друга их вероятности и тем больше энтропия объекта управления. При n равновероятных состояниях $p_i = \frac{1}{n}$ значение энтропии максимально: $H(Y)_{max} = \log_2 n$.

Полученная информация об объекте управления снижает неопределенность его состояния для управляющей системы. Количество взаимной информации в сообщениях, предназначенных для уточнения состояния (уменьшения энтропии) объекта управления, определяют как разность:

$$I(Y, Y') = H(Y) - H(Y, Y'), \quad (2)$$

где $H(Y, Y')$ – условная энтропия объекта после получения сообщения Y' .

Если полученное сообщение полностью характеризует состояние объекта, то оно полностью снимает неопределенность ($H(Y/Y') = 0$) и несет количество информации, равное $H(Y)$.

Теория информации утверждает, что количество информации обладает двумя важными свойствами: положительностью и симметричностью. Первое свойство говорит о том, что количество информации всегда больше или равно нулю ($I \geq 0$). Согласно второму свойству, количество взаимной информации $I(A, B)$, которое содержит принятое сообщение о посланном, равно количеству взаимной информации $I(B, A)$, которое содержит посланное сообщение о принятом $I(A, B) = I(B, A)$. Данные характеристики информации делают возможным проведение анализа управляющих воздействий относительно их соответствия состояниям управляемого объекта, или, по-другому, определение предела управления.

Предположим, что существует система с управлением, в которой решается задача стабилизации – поддержание заданного состояния при случайных воздействиях внешней среды. Система описывается множеством возможных состояний объекта управления $Y = \{y_i\}, i = 1, 2, \dots, n$, и множеством возможных управляющих воздействий $X = \{x_j\}, j = 1, 2, \dots, m$.

Чтобы определить пределы управления, рассмотрим три возможных варианта:

- 1) отсутствие управления;
- 2) идеальное управление (управление с полной информацией);
- 3) реальное управление (управление с неполной информацией).

1. *Отсутствие управления.* При отсутствии управления управляемый объект может принимать любое из состояний Y и обладает максимальной энтропией:

$$H(Y) = -\sum_{i=1}^n p(y_i) \log_2 p(y_i) = H(Y)_{max} \quad (3)$$

2. *Идеальное управление.* При идеальном управлении управляемый объект будет всегда находиться в заданном состоянии с вероятностью, равной единице, соответственно, энтропия управляемого объекта равна нулю. Пусть для заданной системы при условии воздействий X вероятность первого состояния $p(y_1) = 1$, а вероятности остальных состояний $-\sum_{i=2}^n p(y_i) = 0$. Следовательно,

$$\begin{aligned} H\left(\frac{Y}{X}\right) &= -\{p(y_1) \log_2 p(y_1)\} + \{\sum_{i=2}^n p(y_i) \log_2 p(y_i)\} = \\ &= -\{1 \cdot \log_2 1\} + \{0 \cdot \sum_{i=2}^n p(y_i) \log_2 p(y_i)\} = -\{1 \cdot 0\} + \{0\} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

3. *Реальное управление.* В реальных условиях происходят отклонения состояния управляемого объекта относительно заданного. Это объясняется тем, что управляющая система подвержена внешним воздействиям и не обладает полной информацией о состоянии среды N и объекта управления $Y (N' \subset N \text{ и } Y' \subset Y)$. В результате этого управляющие воздействия не полностью соответствуют требуемым. На основании этого можно сделать вывод, что энтропия объекта управления в реальных условиях может изменяться в пределах

$$0 < H(Y/X) < H(Y)_{max}. \quad (5)$$

Качество управления может определяться количеством взаимной информации $I(X, Y)$ в управляющих воздействиях X относительно состояний управляемого объекта Y , определяемой как разность между безусловной и условной энтропией

$$H(Y)_{max} - H(Y/X) = I(X, Y), \quad (6)$$

что соответствует уменьшению энтропии управляемого объекта на величину, равную полученной информации.

Количество взаимной информации $I(X, Y)$ в управляющих воздействиях X относительно состояний управляемого объекта Y может быть также выражено как разность энтропии управляющей системы $H(X)$ и условной энтропии управляющей системы после получения сообщения о состоянии управляемого объекта $H(X/Y)$:

$$I(X, Y) = H(X) - H(X/Y). \quad (7)$$

Подставив выражение (2) в правую часть выражения (1), получим

$$H(Y)_{max} - H(Y/X) = H(X) - H(X/Y). \quad (8)$$

После переноса $H(Y)_{max}$ из левой части выражения (3) в правую часть и замены знаков получим

$$H(Y/X) = H(Y)_{max} - H(X) + H(X/Y). \quad (9)$$

На основании выражения (9), определяющего предельные возможности управления, можно сделать выводы, что для повышения эффективности управления, или, иначе говоря, уменьшения энтропии $H(Y/X)$, необходимо:

- уменьшать количество состояний управляемого объекта $H(Y)$;
- увеличивать количество управляющих воздействий $H(X)$, приближая его к количеству состояний управляемого объекта $H(Y)$;
- уменьшать неопределенность управляющих воздействий относительно состояний объекта управления $H(X, Y)$, что возможно при наличии исчерпывающей информации об управляемом объекте и внешней среде.

Следовательно, для повышения эффективности управления нужно стремиться к тому, чтобы на каждое возможное состояние управляемого объекта имелось свое управляющее воздействие. Необходимо обеспечить возможность использования управляющих воздействий в зависимости от состояния, постоянно выбирая такое воздействие, которое соответствует текущему состоянию объекта управления. Выражение (9), известное как принцип необходимого разнообразия (принцип Эшби), формулируется следующим образом: «разнообразие управляющей системы должно быть не меньше разнообразия объекта управления». В соответствии с данным принципом, с увеличением сложности объекта управления сложность управляющей системы должна увеличиваться. Это также означает, что при осуществлении функций управления необходимо располагать как можно более точной и полной информацией об управляемом объекте и внешней среде. Несмотря на то, что условная энтропия $H(Y/X)$ не может считаться исчерпывающей характеристикой качества управления, вышеуказанный принцип показывает, что для повышения эффективности управления технологическими объектами необходимо увеличивать управляющие воздействия.

Для формализации процесса управления объектами в данном случае предлагается к уже имеющимся автоматизированным системам управления технологическим оборудованием добавить систему управления работоспособностью. Понятие работоспособности относится к определениям в сфере диагностики технических систем [10]. Для данного исследования определим, что это текущее состояние технологического объекта, которое может принимать одно из двух значений: нормальное функционирование и нештатное функционирование. Нештатное функционирование может возникнуть по причине выхода из строя оборудования, из-за внешнего воздействия на объект, отказа систем управления, либо по другим объективным причинам. Возврат из нештатного в нормальное состояние происходит после проведения управляющих воздействий на объект ответственными за эксплуатацию организационными структурами предприятия. Соответственно, процесс управления работоспособностью включает в себя определение нештатного функционирования объекта на данный момент времени и управление процессом восстановления нормального режима работы.

В современных автоматизированных системах управления содержится подробная информация о состоянии технологического объекта, позволяющая эффективно функционировать объекту управления [11, с. 70]. Выявление отклонений от нормального режима работы оборудования, а также выявление отказов самих автоматизированных систем, возможно с помощью проведения анализа содержащейся в них информации. Отклонение от нормального

режима работы оборудования в дальнейшем будем называть нештатным событием. Анализ информации может представлять собой обработку текущей информации по заданным алгоритмам в реальном времени, построение статистических, имитационных или математических моделей оборудования с последующим сравнением расчетных значений модели с фактическими, а также внедрение экспертных оценок значений параметров работы технологического оборудования [12, 13].

В целях формализации процесса устранения нештатных событий необходимо, в первую очередь, определить основные организационные единицы, участвующие в фиксации и устранении отказов и осуществляющие контроль над работой специалистов. Далее необходимо присвоить роли каждому участнику процесса и разработать алгоритмы действий при обнаружении отклонений в работе оборудования и устранении отказа с последующим восстановлением работоспособности технологического объекта.

Результатами проведенного системного анализа стали: перечень всех элементов промышленного предприятия в виде объектной базы данных, методы и способы обнаружения нештатных событий, а также описание всех управляющих процессов восстановления работоспособности объектов. На данной основе предлагается разработать и внедрить автоматизированную систему. Данная система будет выполнять функции выявления, регистрации, ведения и хранения нештатных событий для повышения эффективности и управляемости технологического оборудования.

Возвращаясь к выводам, основанным на выражении (9) принципа необходимого разнообразия Эшби, рассмотрим, соотносятся ли с ними предложенные выше пути повышения эффективности управления технологическим оборудованием. Понятие работоспособности объекта теоретически ограничивает количество состояний управляемого объекта до двух, тем самым снижая общую энтропию системы. Внедрение автоматизированной системы управления работоспособностью увеличит количество управляющих воздействий на технологический объект посредством действий персонала по диагностике, ремонту и замене отказавшего элемента, с фиксацией всех выполненных работ. Анализ работоспособности объекта и прогнозирование отказов на основе имеющейся полной информации об управляемом объекте и внешней среде позволит уменьшить неопределенность управляющих воздействий относительно состояний объекта управления. Все эти факторы полностью соответствуют доказанным выше выводам на основе принципа необходимого разнообразия Эшби для повышения эффективности управления.

С практической точки зрения, рассмотренные подходы решают проблемы контроля над огромным потоком технологической информации, доступной на уровне диспетчерского управления современного промышленного предприятия [4, 14]. Визуально контролировать такой объем данных, даже с настроенной сигнализацией о превышении заданных установок и записью их в журнал, практически невозможно. В действительности специалистами производится контроль только за основными показателями технологического режима без контроля над состоянием узлов и механизмов. Но и в этом случае эксплуатационный персонал не может быть полностью уверен в поступающих данных. В результате повышаются риски принятия неверных решений и снижается эффективность контроля при управлении технологическим оборудованием [8]. Обнаружение отклонений в работе автоматизированных систем и технологического оборудования само по себе не решит проблему своевременного их устранения: чтобы контролировать процесс восстановления работоспособности, необходимо выстроить систему управления устранением сбоев.

Системный анализ предприятия, результатом которого будет создание автоматизированной системы управления работоспособностью технологических объектов, решит рассмотренные выше проблемы и повысит эффективность управления производством в целом.

Библиографический список

1. **Глушков, В.М.** Кибернетика, вычислительная техника, информатика. Избранные труды в 3-х тт. / В.М. Глушков. – Киев: Наукова думка, 1990.
2. **Оптнер, С.Л.** Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем / С.Л. Оптнер. – 2-е изд. – М.: Концепт, 2003. – 206 с.
3. **Антипенко, А.Г.** Опыт проектирования интегрированных информационно-управляющих систем ОАО «Газпром» / А.Г. Антипенко, С.П. Скулкин, Б.А. Суслов // Газовая промышленность. – 2009. – № 5. – С. 76-80.
4. **Баранов, В.Г.** Интеллектуализация систем диспетчерского управления и сбора данных / В.Г. Баранов, В.Р. Милов, Б.А. Суслов // Международная научно-техническая конференция «Информационные системы и технологии». – Н. Новгород: НГТУ, 2007.
5. **Перегудов, Ф.И.** Введение в системный анализ / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высшая школа, 1989. – 360 с.
6. **Анфилатов В.С.** Системный анализ в управлении // В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин; под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
7. **Крюков, О.В.** Процедуры прогнозирования и принятия решений в системе технического обслуживания и ремонта / О.В. Крюков, В.Р. Милов, И.В. Шалашов // Автоматизация в промышленности. – 2010. – № 8. – С. 47-49.
8. **Жоров, С.В.** Создание единой объектно-ориентированной информационной модели данных для обеспечения интеграции подсистем ИАСУ ТП газотранспортного предприятия / С.В. Жоров, О.В. Лагун, С.В. Варакин // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 6. – С. 38-45.
9. **Месарович, М.** Теория иерархических многоуровневых систем: [пер. с англ.] / М. Месарович, Д. Мако, Н. Такахага. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
10. **Кондратьев, В.В.** Систематизация некоторых определений диагностики технических систем / В.В. Кондратьев, П.И. Уваров // Системы управления и информационные технологии. – 2012. – № 2. – С. 13-18.
11. **Крюков, О.В.** Интеллектуализация поддержки управленческих решений в газовой отрасли / О.В. Крюков, В.Р. Милов, Б.А. Суслов // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 12. – С. 16-20.
12. **Барсегян, А.А.** Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 331 с.
13. **Баранов, В.Г.** Информационный и статистический подходы к анализу логических правил / В.Г. Баранов, В.Р. Милов, Б.А. Суслов // Международная научно-техническая конференция «Информационные системы и технологии», посвященная 70-летию ФИСТ. Тезисы докладов. – Н. Новгород: НГТУ, 2006.
14. **Крюков, О.В.** Интеллектуализация поддержки управленческих решений в газовой отрасли / О.В. Крюков, В.Р. Милов, Б.А. Суслов // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 12. – С. 16-20.
15. **Вагнер, В.В.** Интегрированная автоматизированная система контроля и управления работоспособностью технологических объектов газотранспортного предприятия / В.В. Вагнер, А.М. Руденко, Жоров С.В. // Газовая промышленность. – 2015. – № 4. – С. 70-74.
16. **Баранов, В.Г.** Методы проектирования информационно-управляющих и телекоммуникационных систем / В.Г. Баранов, Л.М. Вдовин, Т.И. Горячева, В.А. Кольцов, В.Р. Милов, С.Л. Моругин, В.П. Хранилов, М.В. Ширяев. – М.: Радиотехника, 2016. – 216 с.
17. **Волкова, В.Н.** Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник / В.Н. Волкова, А.А. Емельянов. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 848 с.
18. **Жоров, С.В.** Анализ и совершенствование процессов контроля и управления работоспособностью технологических объектов / С.В. Жоров // Материалы XXIII конференции «Информационные системы и технологии» (ИСТ-2017). – Н. Новгород: НГТУ, 2017.

*Дата поступления
в редакцию: 16.01.2019*

N.Yu. Babanov¹, S.V. Zhorov²

**APPLICATION OF METHODS OF SYSTEM ANALYSIS FOR PROCESS
IMPROVEMENT CONTROL AND HEALTH MANAGEMENT
OF TECHNOLOGICAL OBJECTS**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev¹
ООО «Gazprom transgaz Surgut»²

Purpose. A modern industrial enterprise is a multi-level complex system consisting of a multitude of elements, including, in itself, technological objects. Generally, the management processes at these enterprises are built quite effectively, which is facilitated by a significant period of time that has passed since the beginning of the industrialization of society. But in recent decades, due to the extensive development of automated and information systems, new elements have been added to the enterprises such as automatic control systems, information management systems and automated process control systems.

Findings. These systems have made it possible to improve the management of equipment and personnel, but at the same time, they have changed the overall adopted management structure of the industrial facility, making their connections and interactions between the elements. In addition, as part of a multi-level system, these elements also need to be monitored and managed.

Originality/value. The article presents research of industrial facilities using system analysis and suggests methods for improving the monitoring and control of the operability of process facilities, based on the results obtained.

Key words: system analysis, method, operability, management, decomposition, object database, formalization, abnormal event, automated system, technological object.