

А.Н. Савельев, к.т.н.

РФ, г. Астрахань, Астраханский государственный технический университет

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Современные объекты управления (ОУ) являются технологическими объектами, в которых протекают сложные взаимосвязанные химико-технологические процессы (ХТП) и характеризуются значительным числом контролируемых и управляемых технологических параметров. В настоящее время получила популярность тенденция создания централизованных центров по сбору и обработке информации поступающей с различных источников информации ОУ. В данной ситуации ОУ можно рассматривать как распределенный объект управления (РОУ). РОУ в свою очередь объединяются в техническую систему (ТС). Под ТС понимается совокупность программных и аппаратных средств настроенных между собой для достижения определенной цели, например, ТС Астраханского газоконденсатного месторождения обеспечивает получение товарной продукции при соблюдении определенных критериев. Общий вид ТС представлен на (рис. 1).

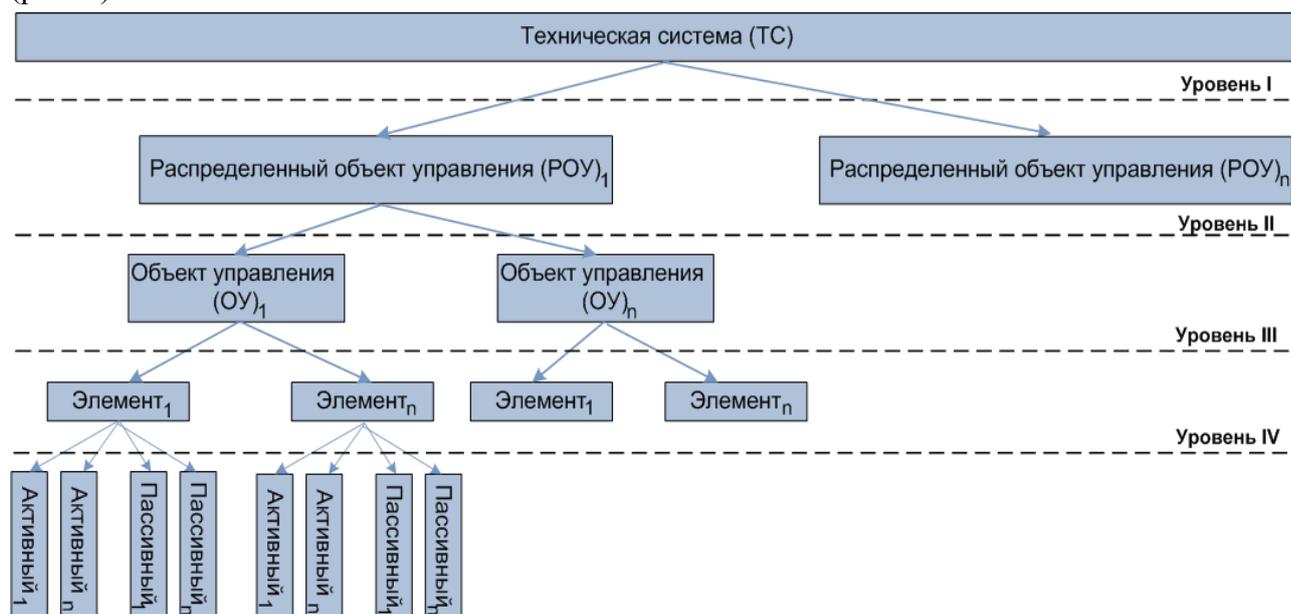


Рис. 1. Общий вид технической системы (ТС)

В основе ТС заложено понятие элемента ОУ. Тип элемента ОУ определяется его свойствами и способностью изменения их во времени. Принципиально можно определить два типа элементов – активный и пассивный. Активные элементы могут изменять свои свойства по заданному алгоритму. Существует два типа активного элемента - управляемый и не управляемый. Управляемый активный элемент имеет однозначный алгоритм функционирования, например, к данному типу относятся контуры регулирования технологическими параметрами ХТП. К не управляемому типу активного элемента относятся различные средства измерения и отдельные конструкционные части ОУ, которые подвержены неформализованному изменению параметров во времени. Изменения

характеристик данного типа элементов имеют достаточно сложные алгоритмы, и четко их описать не всегда представляется возможным. Характеристики второго типа элемента - пассивного неизменны или изменяются не значительно и ими можно пренебречь

Технологические системы характеризуются значительным количеством первичных источников информации (ПИИ). Результаты измерений ПИИ являются не точными вследствие имеющейся не устраненной погрешности и требуют ее устранения. В связи с этим возникает необходимость коррекции результатов измерений путем исключения случайной и систематической составляющих погрешности. Устранение случайной составляющей погрешности результатов измерений технологических параметров успешно решается с использованием различного рода пороговых, допусковых алгоритмов и статистических методов. Корректировка результатов измерений путем устранения систематической составляющей погрешности, напротив, является сложной задачей, и до настоящего времени не имеет эффективного решения. Это связано с тем, что систематическая составляющая погрешности измерений технологических параметров имеет сложный детерминированный характер, который является причиной дрейфа множества параметров информационной подсистемы автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП). Первичная информация, поступающая в виде экспертного описания ХТП, так же подвержена ошибке, обусловленной органолептическими особенностями лица, принимающего решения (ЛПР) и его вербальной оценкой, вследствие чего нуждается в проверке достоверности [3]. Все это приводит к снижению достоверности первичной информации и выработке некорректных управляющих воздействий на ХТП тем самым, вызывая снижение качественных показателей ХТП [1]. Выработка не корректных управляющих воздействий в отдельных случаях может привести к снижению безопасности эксплуатации ТС и переходу его функционирования в предаварийные или даже аварийные режимы.

ХТП протекающие в ТС характеризуются значительными входными, выходными и промежуточными материальными потоками в связи, с чем они наиболее подвержены влиянию систематической погрешности на безопасность эксплуатации. Материальным потокам ХТП свойственно описание в виде количественных измерений и качественных оценок. В связи с этим устранение систематической погрешности количественных измерений и повышение достоверности качественных экспертных оценок ХТП, является актуальной научной и практической задачей.

Для решения задачи повышения безопасности эксплуатации ТС путем устранения систематической погрешности разработана методика анализа информационной подсистемы АСУТП с целью выявления первичных источников информации с низкой достоверностью (рис. 2).

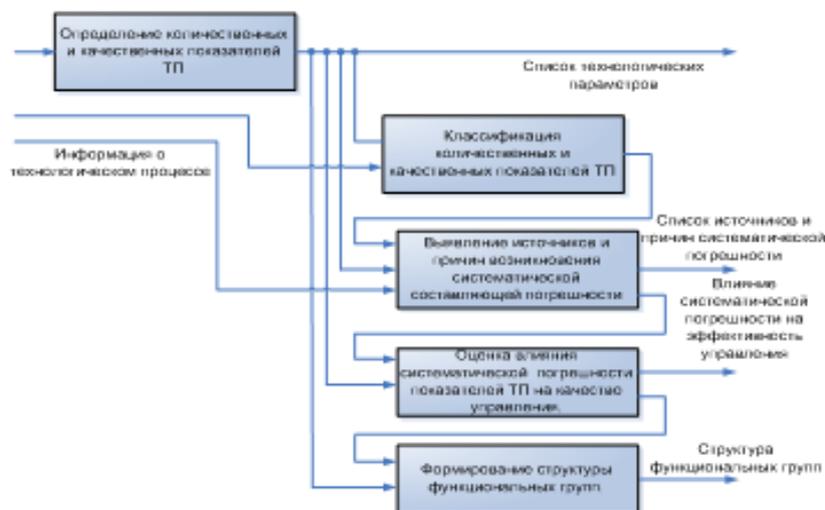


Рис. 2. Реализация методики анализа информационной подсистемы АСУТП

Данная методика, используя в качестве входных данных несистематизированную информацию о свойствах информационной подсистемы АСУТП, позволяет осуществлять построение перечней количественных и качественных параметров, наиболее полно описывающих ХТП, выявлять источники информации, подверженные систематической погрешности, а также причины возникновения данной погрешности и анализировать их влияние на качественные показатели процесса.

Для решения поставленной задачи предлагается, используя функциональные группы (ФГ) [1], позволяющие воссоздать логику рассуждения эксперта об изменении одного технологического параметра и влиянии его на другие, строить функциональные зависимости с несколькими входными и одним выходным технологическим параметром.

Необходимо использовать три типа функциональных групп: первый тип – группы только с количественными технологическими параметрами, второй – группы, как с количественными, так и с качественными технологическими параметрами, третий – группы только качественными технологическими параметрами.

Для построения структуры первого типа групп построена корреляционная матрица взаимного влияния первого порядка [1]. Определение структуры второго и третьего типа групп осуществляется посредством опроса экспертов и обработки полученных результатов методом парного сравнения.

Для определения параметров первого типа функциональных групп использовалась адаптивная нечеткая нейронная сеть (АННС), для второго и третьего типов – продукционная база знаний (БЗ).

Структура функциональных групп, построенная с использованием вышеуказанной методики, может применяться в качестве базы знаний метода оценки и восстановления первичной информации в АСУТП. Особенностью предлагаемого метода является совместное использование количественной и качественной информации и применение гибридной модели проверки достоверности результатов измерения технологических параметров объектов управления.

Нейросетевая структура функциональной группы первого типа приведена в работе [3]. Алгоритм обучения нейронной сети является комбинацией метода наименьших квадратов и алгоритма обратного распространения ошибки [2]. Для всех количественных функциональных групп осуществляется построение АННС [1].

Для построения функциональных групп, содержащих качественные источники информации, используется нечеткий логический вывод Мамдани. Применение этого типа вывода обусловлено способностью лица, принимающего решения (ЛПР), выносить суждение о том или ином технологическом параметре в виде утверждений, в отличие от их представления линейными функциями, характерного для нечеткого вывода Сугено [1].

В данном случае для нечеткого вывода Мамдани были выбраны функции принадлежности трапециидального вида [2]. Продукционные правила каждой такой функциональной группы могут быть записаны в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 & \text{Если } x=x_1 \text{ и } y=y_1, \text{ то } f=f_1, \text{ иначе} \\
 & \text{Если } x=x_2 \text{ и } y=y_2, \text{ то } f=f_2, \text{ иначе} \\
 & \dots\dots\dots \\
 & \text{Если } x=x_N \text{ и } y=y_N, \text{ то } f=f_N,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где f – выходной для данной ФГ первичный источник информации; (f_1, f_2, f_N) – его значения; x и y – входные технологические параметры.

Если в момент времени t_k текущая информация поступает от первичных источников в виде количественных данных или качественного описания ЛПР текущих значений параметров процесса, то может быть сформировано текущее правило вида:

$$\text{Если } X=X_K \text{ и } U=U_K, \text{ то } Y=Y_K.
 \tag{2}$$

В этом случае задача оценки и восстановления достоверности сводится к поиску текущего правила в продукционной БЗ.

При поступлении в БЗ гибридной модели технологических параметров первоначально осуществляется отбор функциональных групп с максимальной согласованностью источников информации, а затем по ним восстанавливаются истинные их значения.

Измеренные значения количественных источников информации поступают в соответствующую функциональную группу. Выходом каждой группы является рассчитанный зависимый технологический параметр. Затем для оценки достоверности элементов группы для каждого рассчитанного выходного параметра осуществляется его сравнение с измеренным значением по формуле:

$$\mu_i(f_i) = 1/\exp(k|f_i' - f_i|), \quad (3)$$

где k – масштабирующий множитель, f_i' , f_i – соответственно рассчитанное и измеренное значение выходного параметра, i – номер функциональной группы. Величина $\mu_i(f_i)$ характеризует соответствие измеренного и рассчитанного значения выходного источника информации каждой группы.

Если $f_i' = f_i$, $\mu_i(f_i) \approx 1$, то в этом случае принимается решение о достоверности результатов измерений технологических параметров в функциональной группе. Если $f_i' \neq f_i$, то $\mu_i(f_i) < 1$ и тогда принимается вывод о недостоверности результатов измерений технологических параметров, включенных в данную группу, и их корректировки.

При наличии нескольких групп с одним и тем же выходным источником информации его значение выбирается по группе с максимальным значением $\mu_i(f_i)$:

$$T = \arg \max(\mu_i(f_i)). \quad (4)$$

Таким образом, выявляются функциональные группы с достоверными источниками информации. Группы, в которых $\mu_i(f_i) < 1$, нуждаются в подстановке восстановленных значений источников информации из групп, где $\mu_i(f_i) \approx 1$, после чего повторно рассчитываются выходные параметры этих групп [3].

На основе разработанного метода создана система поддержки принятия решений (СППР) для оценки и восстановления достоверности первичной информации в АСУТП. Синтезирован алгоритм СППР оценки и восстановления достоверности первичной информации в АСУТП в режиме реального времени, позволяющий осуществлять построение продукционной БЗ с возможностью дальнейшей ее корректировки в режиме реального времени.

Применение разработанного алгоритма оценки и восстановления истинных значений ПИИ и СППР позволит в дальнейшем оценить степень влияния достоверности измерений на безопасность эксплуатации ТС и создать универсальную информационно прогнозирующую систему оценки безопасности эксплуатации ТС.

1. Савельев А.Н., Проталинский, О.М. Определение параметров продукционной базы знаний с использованием адаптивной нейронной сети // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'06): Науч. изд. в 3-х томах. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. Т.2. – С. 107-110.

2. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001.

3. Савельев А.Н., Построение продукционной базы знаний с использованием адаптивной нейронной сети // Вестник АГТУ № 1 (36): - Астрахань.: Издательство АГТУ.