

Таким образом, разработана модель и представлена последовательность процедур по оценке показателей состояния интегральной функции взаимодействия W и активных динамических объектов, знание которых необходимо для принятия решений о вмешательстве в процесс моделирования и выработки управляющих решений, достаточных для реализации цели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гермейер Д.Б. Введение в теорию исследования операций. – М.: Наука, 1971. – 383с.
2. Миркин Б.Г. Проблемы группового выбора. – М.: Наука, 1994.
3. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: Предпочтения и замещения. – М.: Радио и связь, 1981. – 56с.

В.А. Мыльцев

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Подготовка газа в промышленных условиях заключается в удалении влаги конденсата. Рассмотрим технологию абсорбционной осушки природного газа с применением в качестве абсорбента диэтиленгликоля для подготовки к транспортировке [1]. Газ, поступающий из скважин, проходит предварительную очистку в центробежных аппаратах. После дожимной компрессорной станции (ДКС) и прохождения аппаратов воздушного охлаждения газа осуществляется абсорбционный процесс осушки. После прохождения ДКС второй ступени сжатия газ идет на транспортировку. Показателем содержания влаги в газе является температура точки росы (ТТР) [2]. Точкой росы называют ту температуру, охлаждаясь до которой при постоянном влагосодержании газ достигнет полного насыщения водяными парами, и происходит конденсация водяных паров, содержащихся в газе. В соответствии с ОСТ 51.40-93 значение ТТР для умеренных климатических районов составляет: летом -3°C , зимой -5°C . Для холодных районов эти значения -10°C и -20°C , соответственно.

Система подготовки природного газа может состоять из элементов нескольких типов. Прежде всего, это аппараты и технологическое оборудование. Система также содержит в себе обслуживающий персонал, добывающие скважины, внешние условия, в том числе и метеорологические. Целью системы является обеспечение заданных свойств природного газа при минимальных стоимостных затратах. Элементы системы связаны между собой отношениями, характеризующимися некоторыми переменными и параметрами.

Рассмотрим структурную схему технологического процесса подготовки природного газа (рис.1).

Конструктивными элементами данной системы являются: ЦОГ – центробежная очистка газа; ДКС+АВО – дожимная компрессорная станция + аппараты воздушного охлаждения; А – абсорбер; ДА – десорбер; МО – модернизированное оборудование.

Система имеет свойства, описываемые следующими входными переменными: X_1 – расход газа; X_2 – входное давление; X_3 – температура газа; X_4 – содержание влаги; X_5 – затраты на модернизацию осушки газа в ЦОГ; X_6 – затраты на модернизацию осушки газа в абсорбере; X_7 – затраты на дополнительную осушку газа в абсорбере; X_8 – температура воздуха; X_9 – квалификация обслуживающего персонала. Выходными переменными системы являются: Y_1 – температура точки

росы; Y_2 – затраты на осушку газа; Y_3 – давление газа на выходе. Промежуточные переменные: u_1 – унос ДЭГ; u_2 – давление; u_3 – температура газа; u_4 – содержание влаги.

Аппаратные средства, осуществляющие технологический процесс, представляются в виде некоторых преобразователей, переводящих входные переменные в выходные. Пусть имеется узловой элемент p_i . Вместе с элементами $p_j, j = \overline{j_1, j_m}, p_k, k = \overline{k_1, k_L}$ элемент p_i образует некоторую подсистему. Входы в подсистему определяются связями $V(j, i), j = \overline{j_1, j_m}$, а выходы – связями $V(i, k), k = \overline{k_1, k_L}$. Узловой элемент p_i осуществляет преобразование вида

$$\mathbf{Y} = \Phi_i(\mathbf{X}), \mathbf{X} = [x_j], j = \overline{j_1, j_m}; \mathbf{Y} = [y_k], k = \overline{k_1, k_L}, \quad (1)$$

где \mathbf{Y} – выходные воздействия; \mathbf{X} – входные сигналы.

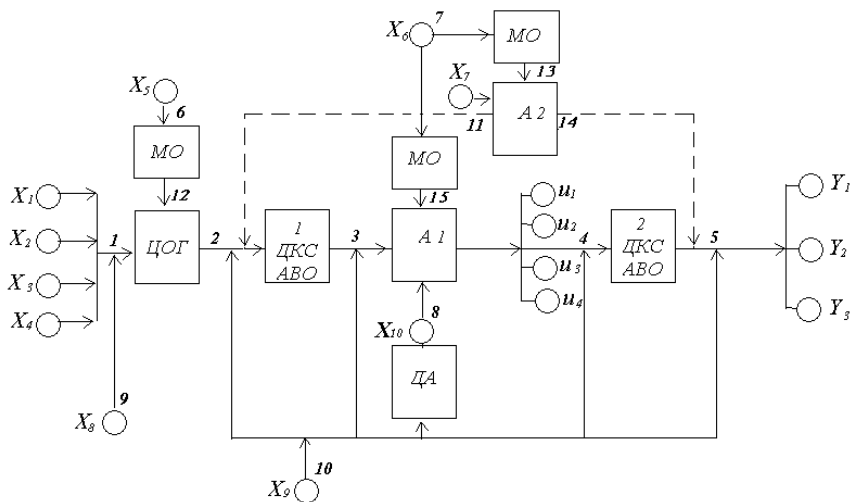


Рис.1. Структура системы технологического процесса подготовки природного газа

Такое преобразование может осуществляться с помощью нейронной сети вида $\mathbf{Y} = \mathbf{F}(\mathbf{W}, \mathbf{X})$, где \mathbf{W} – матрица коэффициентов преобразования, определяемая в процессе обучения сети. Обучающая выборка содержит результаты испытаний аппаратов и измерений, полученных в ходе эксплуатации оборудования.

Например, входной сепаратор осуществляет предварительное отделение конденсата от газа. В этом случае входными параметрами являются термодинамические (давление, температура, влажность) и теплофизические характеристики газа. К входным параметрам также относятся технологические характеристики процесса (расход газа, закрутка газа, дисперсный состав конденсированной влаги, конструктивные особенности аппарата и т.д.). Выходными параметрами являются давление, температура, расход газа, содержание влаги.

Для осушки газа используются абсорберы различных типов. Наибольшее распространение получили установки, применяющие диэтиленгликоль (ДЭГ). Для дегидратации газа применяется водный раствор диэтиленгликоля. Он хорошо поглощает влагу из газа. Насыщенный водой раствор регенерируется испарением лишней воды. Техно-экономические показатели разделения газов путем абсорбции зависят от выбора рабочих параметров абсорбера и десорбера. При выборе оптимальных рабочих

режимов этих аппаратов необходимо руководствоваться тем, что в процессе абсорбции одна и та же степень извлечения может быть достигнута при изменении таких основных параметров процесса абсорбции, как давление, температура, число тарелок и удельный расход абсорбента. Повышение давления благоприятно сказывается на процессе абсорбции. Оно приводит к увеличению растворимости газа в абсорбенте, позволяет снизить удельный расход абсорбента и уменьшить число тарелок в нем. Однако в случае необходимости предварительного сжатия газа возрастает расход потребляемой энергии [3].

Понижение температуры процесса абсорбции позволяет снизить удельный расход абсорбента и уменьшить необходимое число тарелок. В современных абсорбционных установках экономически оправдано ведение процесса при пониженных температурах. В этом случае затраты на сооружение и эксплуатацию специальных холодильных установок быстро окупаются за счет сокращения капитальных и эксплуатационных затрат на другое оборудование. Число тарелок в абсорбере и удельный расход абсорбента взаимосвязаны. Увеличивая расход абсорбента, можно уменьшить число тарелок и наоборот. Увеличение числа тарелок приводит к увеличению высоты аппарата, обслуживающих металлоконструкций и затрат на транспортирование абсорбента в пределах установки.

Увеличение расхода абсорбента связано с дополнительными эксплуатационными расходами, обусловленными нагревом абсорбента перед подачей в десорбер, охлаждением абсорбента перед вводом его в абсорбер, увеличением расхода энергии на перекачку циркулирующего абсорбента. Кроме того, увеличиваются также капитальные затраты на подогреватели и холодильники.

Технико-экономические показатели работы десорбера также зависят от температуры процесса, числа тарелок, расхода десорбирующего агента и давления в аппарате. Повышение температуры при десорбции позволяет сократить расход десорбирующего агента, уменьшить число тарелок в аппарате. Однако с повышением температуры возрастает расход тепла на нагрев абсорбента и хладагента и на его охлаждение перед подачей в абсорбер, увеличиваются также размеры нагревателей, теплообменников и холодильников.

К входным переменным, рассмотренным выше, добавляются характеристики подаваемого ДЭГ. К выходным переменным, кроме характеристик осушенного газа, добавляются свойства насыщенного диэтиленгликоля, унос НДЭГ вместе с газом.

Оборудование, установленное на установках подготовки газа, работает в условиях изменяющихся технологических параметров подготавливаемого газа. Применение в секции доулавливания ДЭГ (под тарелкой с фильтром - патронами) пакетов насадки позволяет за счёт снижения скорости газового потока до скорости газа в сечении аппарата улучшить качество сепарации жидкости, уносимой с верхней массообменной тарелки. Уменьшение выноса жидкости на фильтр – патроны приводит к увеличению межремонтного периода их работы и снижению потерь ДЭГ с осушенным газом из абсорберов. Применение принципов равномерного распределения газа по сечению аппарата позволяет типовыми решениями модернизировать абсорберы различных конструкций. Таким образом, при составлении структурной схемы технологического процесса подготовки природного газа в качестве элементов системы следует добавлять дополнительные конструктивные устройства, изменяющие характеристики процесса осушки. Например, эффективным способом улучшения термобарических параметров процесса является применение технологии двухступенчатой осушки на двух термобарических уровнях. В этом случае входные сепараторы модернизируются регулярной пластинчатой насадкой с подачей насыщенного ДЭГ. В результате существенно улучшаются условия работы дожимных агрегатов первой ступени сжатия.

Введение дополнительных конструктивных элементов, с одной стороны, изменяет характеристики газа, как правило, в сторону улучшения, но одновременно изменяет стоимостные затраты на осуществление технологического процесса, как правило, в сторону увеличения. Поэтому необходимо учитывать в качестве переменных рассматриваемой системы и стоимостные характеристики.

Преобразование (1) может представлять собой математическую модель технологического процесса [3]. Модель может включать уравнения движения многофазной среды в многомерной постановке с учетом фазовых превращений. Преобразование может также выглядеть, как инженерная методика расчета технико-экономических показателей данного технологического процесса. Более удобной для системного представления технологического процесса является математическая модель, описываемая нейронной сетью. Обученная на ограниченном множестве обучающих выборок, содержащих экспериментальные данные, сеть обобщает накопленную информацию и выдает реакцию на данные, не применявшиеся при обучении.

К первой группе отношений относятся связи: (1-2), (2-3), (3-4), (8-4), (4-5).

Другие отношения между элементами системы строятся на основе экспертных заключений и методах нечеткого логического вывода. Основой для проведения операции нечеткого логического вывода является вид связей между элементами нечеткой системы, содержащих правила, названия термов и функции принадлежности термов. В общем случае механизм логического вывода включает четыре этапа: введение нечеткости (фазификация), нечеткий вывод, композиция и приведение к четкости, или дефазификация. Алгоритмы нечеткого вывода различаются главным образом видом используемого нечеткого вывода, следующим после фазификации, и разновидностью метода дефазификации.

Рассмотрим способ задания отношения второго типа на примере связи (7-4). Для лингвистической входной переменной X_6 (затраты на модернизацию осушки газа в абсорбере) вводится три терма: L – низкие; M – средние; H – высокие затраты на модернизацию. Выходные переменные (унос диэтиленгликоля) и u_4 (содержание влаги) также имеют три терма. Для переменной u_1 : L – небольшое снижение уноса; M – среднее снижение уноса; H – существенное снижение уноса. Для переменной u_4 : L – небольшое снижение содержания влаги; M – среднее снижение содержания влаги; H – существенное снижение содержания влаги. Затраты измеряются некоторой условной стоимостной единицей. Снижение уноса ДЭГ происходит в u_1 раз.

Математическая модель, основанная на структуре системы технологического процесса подготовки природного газа и на заданных связях (1), записывается в виде

$$Y = \Phi(X, \Theta), \quad (2)$$

где X – входные переменные системы; Θ – вектор управляющих воздействий; Y – выходные переменные системы; Φ – алгоритм нечеткого вывода.

Имитационная модель процесса (2) позволяет решать оптимизационные задачи нескольких видов.

1. Параметрическая оптимизация – определение оптимальных режимов заданного технологического процесса при минимальных затратах. Задача формулируется следующим образом: обеспечить

$$Y_2 \rightarrow \min \quad (3)$$

при выполнении условий $Y_1 \leq Y_1^0$; $Y_3 \in [Y_3^L, Y_3^R]$, (4) где Y_1^0, Y_3^L, Y_3^R – заданные значения. Входные переменные системы X выполняют роль заданных параметров.

Управляющими переменными являются

$$\Theta = (u_1, u_2, u_3, u_4). \quad (5)$$

2. Структурно-параметрическая оптимизация – определение оптимальных режимов технологического процесса из заданного набора оборудования при минимальных затратах. Для этой задачи сохраняется критерий оптимизации (3), ограничения (4), но к управлениям (5) добавляются связи между некоторыми элементами системы. Структура системы изменяется за счет возможности модернизации оборудования (связи (6–12), (7–13), (7–15)), а также из-за введения дополнительной абсорбции (связи (11 – 2), (14 – 5)). Вектор управлений имеет вид $\Theta = (u_1, u_2, u_3, u_4, \xi_{6-12}, \xi_{7-13}, \xi_{7-15}, \xi_{11-2}, \xi_{14-5})$, где $\xi_{i-j} = \{0,1\}$ – булевы переменные. Значения входных переменных системы выбираются из некоторых заданных диапазонов.

Решение сформулированных оптимизационных задач осуществляется с помощью прямых методов. Наилучшую эффективность при решении задач рассматриваемого типа показали генетические алгоритмы [4].

Требуемый уровень выходного значения температуры точки росы и диапазон исходной температуры газа определяется зимними или летними условиями. Для расхода газа задан отрезок $X_1 \in [0.5G_0; G_0]$, где величина G_0 соответствует оптимальному уровню загрузки технологического оборудования.

Для летнего режима работы получены оптимальные значения управлений, обеспечивающие ограничение по температуре точки росы при минимальных затратах: $\xi_{6-12} = 1; \xi_{7-15} = 1; \xi_{7-13} = 0; \xi_{11-2} = 0; \xi_{14-5} = 0$. Для зимнего режима работы:

$$\xi_{6-12} = 1; \xi_{7-15} = 1; \xi_{7-13} = 1; \xi_{11-2} = 1; \xi_{14-5} = 0.$$

Следовательно, структура технологического процесса, приемлемая в течение всего года, предполагает двухступенчатую схему осушки с модернизацией оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ланчаков Г.А., Ларюхин А.И., Дудов А.Н. и др. Опыт работы ООО Уренгойгазпром по повышению надежности и эффективности технологического оборудования установок осушки газа на Уренгойском АКМ. –М.: ИРЦ Газпром, 2001.
2. Стрижов И. Н., Ходанович И. Е. Добыча газа. –Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
3. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебник для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. –М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000.
4. Сенюлов М.А., Тенев В.А. Интеллектуальные алгоритмы интерпретации геофизических исследований скважин. –СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2004.

О.Н. Пьявченко, Е.В. Удод

ПОГРЕШНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ

Точность – очень важная характеристика любого датчика. Правда, когда говорят о точности датчика, чаще всего подразумевают его неточность или погрешность измерений. Под погрешностью измерений, как правило, понимают величину максимального расхождения между показаниями реального и идеального датчиков [1].

Производители интеллектуальных датчиков давления делят погрешности на два типа: основную [2, 4], которую ещё называют базовой погрешностью системы, [5] и дополнительную [2]. Не все производители используют определение "допол-