

Диагностика тепловой работы современных реакторов синтеза метанола с использованием сигналов стандартного набора датчиков

Доцент, к.т.н. Бирюков А.Б., Манойлов Д.В., Дробот С.Г.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина.

Среди продуктов, получаемых при помощи химического синтеза, значительная доля приходится на метанол. Метанол является хорошей заменой для топлив и сырья для многих производств органического синтеза. К перспективным направлениям использования метанола относятся: производство уксусной кислоты, очистка сточных вод, производство синтетического протеина, синтез углеводородов с целью получения топлива.

Принципиально технологический процесс получения метанола включает ряд операций, которые обязательны для любой технологической схемы синтеза [1, 2]:

- получение синтез-газа (газа, основными компонентами которого являются H_2 и CO , содержащиеся в заданной пропорции);
- очистка синтез-газа от карбинола железа и сернистых соединений;
- подогрев газа до температуры начала реакции;
- работа газа в реакторе синтеза метанола;
- выделение из потока газов, покидающих реактор, метанола за счет охлаждения;
- сжатие оставшегося газа до давления синтеза и возврат в процесс.

Постановка проблемы исследования

В данной работе решается задача создания концептуальных и алгоритмических основ систем диагностики тепловой работы водоохлаждаемых реакторов синтеза метанола. Задача решается за счет разработки методики составления теплового баланса реактора и ее использования для определения важных технологических параметров на стадии проектирования (максимальные и номинальные расходы пара и питательной воды) и создания алгоритма для оперативной диагностики тепловой работы реактора путем определения доли расходования монооксида углерода в реакциях синтеза и соответственно вынесения суждения об истощении каталитической способности катализатора.

Схема водоохлаждаемого реактора синтеза метанола с предложенным набором элементов КИП и АСУ ТП для диагностики тепловой работы представлена на рисунке 1.

Составление теплового баланса водоохлаждаемого реактора необходимо как на стадии его проектировании, так и для создания алгоритма управления и мониторинга. На стадии проектирования сепаратора необходимо знать номинальный и максимальный расходы пара, которые будут образовываться в реакторе.

Энтальпия питательной воды выбирается в зависимости от ее давления и температуры, а насыщенного пара – в зависимости от заданного уровня давления в водо-паровом пространстве из термодинамических таблиц, описывающих свойства воды и водяного пара, [4] или соответствующих интерполяционных зависимостей.

Эти величины могут быть определены при помощи следующего комплекса зависимостей:

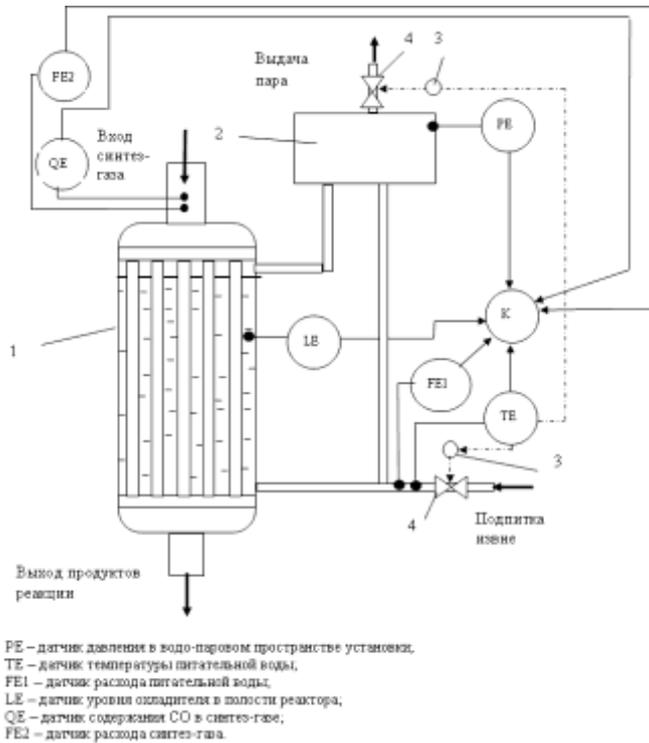


Рис.1-Системы диагностики тепловой работы реакторов синтеза метанола(1– водоохлаждаемый реактор,2– сепаратор, 3 – исполнительные механизмы,4– регулирующие органы)

$$Q_p = \xi \cdot \frac{CO}{100} \cdot \frac{V}{3600} \cdot \frac{1}{22.4} \cdot Q_M, \quad (1)$$

где Q_p – тепловыделение в реакторе синтеза метанола. Вт;

ξ – доля расходования монооксида углерода в реакциях синтеза;

CO – процентное содержание монооксида углерода в синтез-газе, %

V – объемный расход синтез-газа, м³/ч;

Q_M – тепловой эффект образования метанола, Дж/кмоль;

$$G_{\text{пар}} = \frac{Q_p}{i_{\text{нп}} - i_{\text{пв}}}, \quad (2)$$

где $G_{\text{пар}}$ – расход пара из сепаратора, кг/с;

$i_{\text{нп}}$, $i_{\text{пв}}$ – энтальпия насыщенного пара на выходе из реактора и питательной воды соответственно, Дж/кг.

Энтальпия питательной воды выбирается в зависимости от ее давления и температуры, а насыщенного пара – в зависимости от заданного уровня давления в водо-паровом пространстве из термодинамических таблиц, описывающих свойства воды и водяного пара, [4] или соответствующих интерполяционных зависимостей.

Давление в водо-паровом пространстве выбирается исходя из условия обеспечения заданной температуры кипения воды, что и определяет стабилизированное значение температуры в реакционном пространстве. Для определения максимально возможного выхода пара в качестве аргументов для зависимостей (1) и (2) используются максимально возможные по технологии расход синтез-газа и произведение содержания синтез газа на долю его усвоения в реакции. Для определения номинального значения этой величины аргументы устанавливаются на проектном уровне.

Для проектирования системы снабжения реакторов питательной водой должны быть определены номинальное и максимальное значения этой величины. Для каждого из характерных режимов работы реактора массовый расчетный расход питательной воды равен соответствующему расчетному выходу пара.

Диагностику протекания реакций и анализ истощения реакционной способности катализатора предложено вести на основании анализа величины расходования монооксида углерода в реакциях синтеза, рассчитанной в зависимости от текущего расхода питательной воды:

$$\alpha = \frac{G_B \cdot (i_{НП} - i_{ПВ}) \cdot 100 \cdot 3600 \cdot 22,4}{CO \cdot V \cdot Q_M} \quad (3)$$

Наличие такой информации необходимо для принятия решения о приостановке процесса для замены или регенерации катализатора. Накопление этой информации и ее анализ совместно со статистикой изменения других важных производственных факторов позволяют углубить представления о процессе и подобрать условия, позволяющие расширить временные рамки использования катализаторов.

Использование предложенной зависимости представлено на рисунке 2.

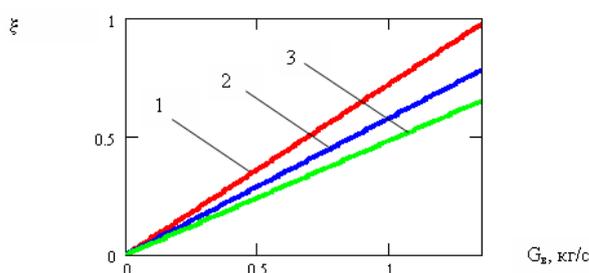


Рисунок 2 – Зависимость доли прореагировавшего монооксида углерода от расхода питательной воды (1 – для расхода синтез-газа 10000 м³/ч, 2 – 15000 м³/ч, 3 – 18000 м³/ч)

Выводы и направления дальнейших исследований

Обоснована целесообразность разработки систем диагностики тепловой работы водоохлаждаемых реакторов синтеза метанола, позволяющих на основании непрерывного анализа теплового баланса выносить суждение об истощении реакционной способности катализатора.

Предложена конкретная схема диагностики тепловой работы водоохлаждаемых реакторов синтеза метанола и алгоритм ее использования в рамках систем АСУ ТП участка синтеза метанола.

Библиографический список:

1. Химическая технология ТГИ / Под ред. Г.Н. Макарова, Г.Д. Харламповича. – М.: Химия, 1986. – 496 с.
2. Печуро Н.С. Химия и технология синтетического жидкого топлива и газа / Н.С. Печуро, В.Д. Капкин, О.Ю. Песин. – М.: Химия, 1986. – 352 с.
3. Мещеряков Г.В. Химическая технология неорганических и органических веществ, теоретические основы / Г.В. Мещеряков // Химия и химическая технология. – 2009. – №6. – 86-88
4. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник. - 2-е изд., перераб., и доп. / С.Л. Ривкин, А.А. Александров – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 80 с.
5. Казанцев Е.И. Промышленные печи: Справочное руководство для расчета и проектирования, 2-е издание дополненное и переработанное. – М.: Металлургия, 1975. – 368 с.