

# ДИАГНОСТИКА ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ РЕАКТОРОВ СИНТЕЗА МЕТАНОЛА

Манойлов Д.В. (ИТТ-11М)\*

Донецкий национальный технический университет

Среди продуктов, получаемых при помощи химического синтеза, значительная доля приходится на метанол.

Классическая технология синтеза метанола предполагает использование в качестве реакторов колонн синтеза. Водоохлаждаемый реактор синтеза метанола представляет собой вертикальную шахту с трубчатым теплообменником и фиксированными трубными решетками. Катализатор расположен в трубках и лежит на подстилке из инертного материала. Кипящая вода заполняет межтрубное пространство. Паро-водяная смесь, полученная благодаря теплу реакций, отводится из-под верхней трубной решетки. Контроль давления пара позволяет управлять температурой реакции. Этот изотермический реактор позволяет достичь высокой производительности при низкой доле возврата и минимизирует производство попутных продуктов. Освоение водоохлаждаемых реакторов и двойных систем реакторов является актуальной задачей для отечественной химической промышленности, так как при этом производственный комплекс становится более компактным, уменьшаются капитальные затраты на его сооружение и расход энергии на производство единицы продукции.

Постоянная температура в полости реактора поддерживается за счет установки давления пара при помощи соответствующих регулирующих органов. Пароводяная смесь, образующаяся при кипении воды в межтрубном пространстве, поднимается в сепаратор, в котором отделяется и выводится сухой насыщенный пар. Восполнение массы охладителя реализуется за счет подвода свежей питательной воды. Расход подпиточной воды определяется из условия поддержания заданного уровня охладителя в межтрубном пространстве реактора или заданной массы охладителя в реакторе. В первом случае необходимо использование датчика уровня, во втором взвешивание реактора при помощи тензодатчиков. Из-за малой доли испаряемой жидкости по сравнению с ее общей массой в реакторе, верхний уровень жидкости в реакторе будет иметь хотя несколько колеблющуюся однако достаточно четкую границу, что позволяет использовать, например, емкостные датчики уровня. На стадии проектирования сепаратора необходимо знать номинальный и максимальный расходы пара, которые будут образовываться в реакторе.

Эти величины могут быть определены при помощи следующего комплекса зависимостей:

$$Q_a = \xi \cdot \frac{\dot{N}_i}{100} \cdot \frac{V}{3600} \cdot \frac{1}{22.4} \cdot Q_i, \quad (1)$$

---

\* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ТТ Бирюков А.Б.

где  $Q_p$  – тепловыделение в реакторе синтеза метанола. Вт;  $\xi$  – доля расходования монооксида углерода в реакциях синтеза;  $CO$  – процентное содержание монооксида углерода в синтез-газе, %;  $V$  – объемный расход синтез-газа, м<sup>3</sup>/ч;  $Q_m$  – тепловой эффект образования метанола, Дж/кмоль;

$$G_{\text{пар}} = \frac{Q_0}{i_{\text{нп}} - i_{\text{ва}}}, \quad (2)$$

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, 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, 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..

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:

$$\xi = \frac{G_a \cdot (i_{\text{нп}} - i_{\text{ва}}) \cdot 100 \cdot 3600 \cdot 22,4}{\tilde{N} \cdot V \cdot Q_1}. \quad (3)$$

Для заданных параметров работы реактора в зависимости от расхода питательной воды может быть однозначно определена величина расходования монооксида углерода в реакциях синтеза, что позволяет в реальном времени получать информацию об интенсивности протекания реакций и выносить суждение об истощении реакционной способности катализатора.

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.

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