

**Кузора Игорь Евгеньевич,**

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет

e-mail: chemtehnol@angtu.ru

**Швалев Егор Евгеньевич,**

преподаватель, Ангарский политехнический техникум

e-mail: Egor\_Shvalev@mail.ru

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА РЕАКЦИОННЫХ ТРУБ НА УСТАНОВКЕ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ**

**Kuzora I.E., Shvalev E.E.**

## **REDUCING THE TEMPERATURE OF REACTION PIPES AT A HYDROCARBON GAS STEAM REFORMING**

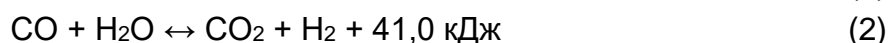
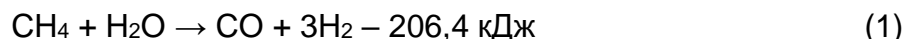
**Аннотация.** Для любого предприятия актуальным является продление срока службы оборудования за счет внедрения различных энерго- и ресурсосберегающих мероприятий. Для установок парового риформинга углеводородных газов, эксплуатируемых в условиях экстремально высоких температур и агрессивной среды, актуально продление срока службы дорогостоящих реакционных труб и катализатора. Данный эффект достигается оптимизацией температурного режима их работы.

**Ключевые слова:** углеводородный газ, расщепленный газ, производство водорода, реакционные трубы.

**Abstract.** For any enterprise is relevant to extend the service life of equipment through the introduction of various energy- and resource-saving measures. For hydrocarbon gas reforming plants operating with extremely high temperatures and aggressive environments, it is important to extend the service life of expensive reaction pipes and catalysts. This effect can be achieved by optimizing of temperature regime.

**Keywords:** hydrocarbon gas, split gas, hydrogen production, reaction pipes

Назначение установки парового риформинга углеводородных газов (УВГ) – переработка различных УВГ, в том числе природного газа, попутного нефтяного газа, газов первичной переработки нефти путем реакции с водяным паром, с целью получения водорода, оксида углерода, и при необходимости – диоксида углерода. На примере метана, реакция имеет следующий вид (1, 2):



Полученный водород далее широко используется для процессов гидроочистки, гидрокрекинга, изомеризации и т.п. [1]. Синтез-газ (смесь  $\text{H}_2$  с  $\text{CO}$ ) используется в органическом и нефтехимическом синтезе (получение спиртов), диоксид углерода используется как конечный продукт (жидкая углекислота, сухой лёд) или сырьё для дальнейших синтезов (например, для производства карбамида). Таким образом, установка парового риформинга УВГ является одной из важнейших на любом нефтеперерабатывающем или нефтехимическом предприятии.

Основным аппаратом установки парового риформинга УВГ является печь паровой конверсии. В зависимости от проектных решений таких печей на установке может быть как одна, так и несколько. Печи представляют собой прямоугольную камеру из огнеупорного кирпича, разделенную несколькими перегородками на секции, где размещаются несколько десятков вертикальных реакционных труб, изготовленных из хромо-никелевых высоколегированных сталей, загруженных катализатором на основе никеля, носитель  $Al_2O_3$ . Реакция паровой конверсии УВГ протекает при температуре 650-800 °С, при этом температура в камерах сгорания составляет более 1000 °С.

Получаемый расщепленный газ содержит воду, метан, диоксид и оксид углерода, водород (в порядке увеличения объемной доли). Состав расщепленного газа определяется степенью конверсии УВГ, которая зависит от условий проведения процесса, состава сырья, соотношения пар/углерод и активности катализатора.

Основная регулируемая величина в процессе – температура средин реакционных труб (ТСРТ) в зоне протекания реакции. Известно, что высокая температура приводит к необратимым изменениям в структуре металла реакционных труб из-за образования вторичных карбидов, что ведет к деформации металла, появлению выпучин, отдулин и прогару, и далее к аварийным ситуациям. Так, при температуре внешней поверхности труб 800-860 °С, срок службы их составляет 10 лет, при температуре 900 °С – 2,5 года и при температуре 1000 °С – 1 месяц. Замена изношенных реакционных труб потребует высоких затрат, т.к. их стоимость составляет до 10 % стоимости установки. Поэтому оптимизация температурного режима работы реакционных труб – крайне важная задача.

В ходе пробега по оптимизации температурного режима работы реакционных труб печей риформинга было достигнуто снижение ТСРТ на 8-20 °С от базовой 720-760 °С. При этом основным контролируемым качественным показателем являлось содержание метана в расщепленном газе (норма не более 2,0 % об.), незначительные превышения нивелировались путем изменения соотношения пар/углерод, а также добавлением в процесс водорода (норма - не менее 10 % об.). На рисунках 1, 2 отражены зависимости объемной доли метана в расщепленном газе от ТСРТ и содержание основных компонентов в расщепленном газе.

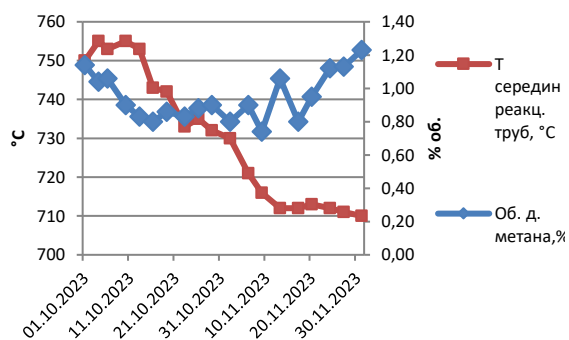


Рисунок 1 – Зависимость объемной доли метана в расщепленном газе от ТСРТ

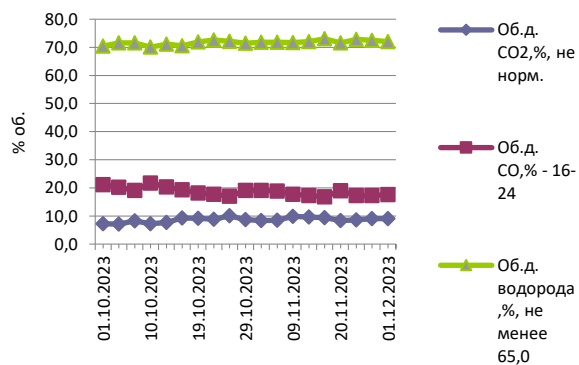


Рисунок 2 – Основные компоненты расщепленного газа

Все параметры не выходят за нормы технологического регламента.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Общая химия. Учебник / Под ред. Дунаева С.Ф.. - М.: Academia, 2017. - 160 с.