

Введение Одной из важнейших проблем современного материаловедения является разработка конструкционных материалов для радиантных змеевиков высокотемпературных установок нефтехимического комплекса, поскольку материалы в этих установках работают в чрезвычайно жестких условиях. Радиантный змеевик высокотемпературных печей пиролиза представляет собой трубную систему, состоящую из труб, изготавливаемых методом центробежного литья, и фасонных отливок (фитингов), изготавливаемых методом статического литья, и соединенных между собой с помощью сварки в змеевик, расположенный в радиантной печи. По основным рабочим параметрам - интервал температур 900, 1100°C, скорость газового потока 200, 300 м/сек, коррозионное воздействие рабочей среды (непредельных углеводородов), давление 0,25, 0,37 МПа эти установки не имеют аналогов. Проведя анализ змеевиков были выявлены следующие недостатки: 1. Быстрое закоксовывание внутренней поверхности труб змеевика из-за недостаточно высокой скорости движения нагреваемой газовой смеси, так как вблизи внутренней стенки змеевика вследствие более высокой температуры стенки и более низкой скорости потока вдоль нее значения температуры обычно больше, чем в основном объеме, что способствует протеканию в пристенном слое вторичных процессов и образованию коксовых отложений, снижающих выход целевых продуктов. 2. Змеевик имеет дополнительные энергетические затраты, связанные с подготовкой и подачей в него дополнительного кондиционного водяного пара, осуществляемое для снижения парциального давления углеводородов и уменьшения скорости вторичных процессов, так как увеличение концентрации водяного пара в потоке в оптимальном количественном соотношении к основному пиролизному сырью приводит к увеличению выхода этилена, бутенов, бутадиена и снижению выхода ароматических углеводородов. 3. Змеевик имеет недостаточную селективность процесса и выхода конечного продукта - высоко кондиционного пиролизного газа, так как для повышения селективности процесса и выходов продуктов при пиролизе время пребывания сырья в реакционной зоне необходимо сокращать, а температуру повышать. Из-за предельно достигнутой величины температуры нагрева для хромоникелевых сплавов, из которых изготовлены трубы змеевиков в известном устройстве температуру нагрева сырьевого потока повысить нельзя, а время пребывания в реакционной зоне также ограничено скоростью движения сырьевого потока в известном устройстве по круглым трубам. Данная статья направлена на решение задачи снижения процессов коксования нагреваемой смеси внутри змеевиков, снижения дополнительных энергетических затрат, связанных с подготовкой и подачей в змеевик дополнительного кондиционного водяного пара уменьшения скорости вторичных процессов, снижающих качество конечного продукта, повышения селективности процесса выхода конечного продукта высоко кондиционного пиролизного газа, то есть получение конечного состава пиролизного газа с регулируемым при пиролизе расширением его

номенклатуры по газовым компонентам. Экспериментальная часть Поставленная задача решается применением в устройстве для конечной стадии нагрева исходного пиролизного сырья профилированных литых труб змеевика, поперечное сечение которых обеспечивает спиралевидное продольное движение нагреваемого пиролизного сырья с высокой скоростью периферийной скоростью в пристенном слое и тем, самым снижается время контакта продукта с нагретыми стенками и уменьшается время пребывания продукта на конечной стадии нагрева в змеевике, так как скорость движения продукта высока, а также увеличением эффективности радиационного двухстороннего нагрева за счет применения при овальной труб овальной формы. Конструкция устройства приведена на рис. 1 и 2, на которых показаны: на рис. 1 - фронтальный вид змеевика, нагревающего один поток исходного пиролизного сырья, на рис. 2 - поперечное сечение выходной и сборной труб змеевика и обозначены следующие элементы: 1 - входная труба, 2 - промежуточная труба, 3 - выходная труба, 4 - сборная труба, 5 - отвод, 6 - бобышка для направляющего стержня, - кронштейн для подвески, 8 - входной поток газовой смеси для нагрева, 9 - выходной поток пиролизного газа, 10 - геликоидная поверхность, 11 - малая ось геликоидной поверхности, 12 - большая ось геликоидной поверхности, 13 - выступ на внутренней геликоидной поверхности, 14 спиральная навивка внутреннего геликоидного выступа на выходной трубе, 15 - спиральная навивка внутреннего геликоидного выступа на сборной трубе, 16 - направление вращения периферийного вихря внутри трубы, 17 - направление вращения навивки выступа внутри трубы, 18 - вертикальные оси труб, 19 - поток теплового излучения от нагретых внутренних стенок обмуровки пиролизной печи. Рис. 1 - Фронтальный вид змеевика Рис. 2 - Поперечное сечение выходной и сборной труб змеевика Назначение и взаимодействие элементов следующее. Входная труба 1 и промежуточная труба 2 выполнены в поперечном сечении круглыми и служат для нагрева входного потока 8 пиролизного сырья на начальной стадии, при которой вторичных процессов в нагреваемом сырье очень мало. Теплота к трубам 1 и 2, так же как и ко всем поверхностям змеевика для нагрева входного потока 8 газовой смеси пиролизного сырья, подводится за счет теплового излучения 19 от нагретых внутренних стенок обмуровки пиролизной печи, нагреваемых плоско факельными газовыми горелками (на рис. 1 и 2 стенки и горелки не показаны). Материал труб 1 и 2, так же как и всех элементов на рис. 1 и 2 высококачественная жаропрочная хромоникелевая сталь. Прямолинейные участки входной трубы 1, промежуточной трубы 2 и последующих выходной трубы 3 и сборной трубы 4 соединены между собой отводами 5. Выходная труба 3 и сборная труба 4 соединены последовательно и служат для получения выходного потока 9 высоконагретого пиролизного газа, который затем поступает в закалочный испарительный аппарат для резкого охлаждения (на рис. 1 и 2 не показан) и далее идет для получения этилена. Бобышки 6 служат для

крепления в них стержней (на рис. 1 и 2 не показаны), удерживающих нижнюю часть всех труб змеевика от колебаний относительно обмуровки печи при тепловых удлинениях труб 1-4. Стержни вставляются в пустотелые гильзы пода печи (на рис. 1 и 2 не показаны) и при тепловом удлинении труб 1-4 скользят в них. В отверстия кронштейнов 7 вставлены тяги (на рис. 1,2 не показаны), прикрепленные к своду печи и удерживающие всю металлическую конструкцию змеевика в топочном пространстве печи в подвешенном состоянии. В устройстве выходная труба 3 и сборная труба 4 в поперечном сечении выполнены профилированным с контуром внутренней поверхности в форме геликоида 10 (рис. 2), длина периметра которого эквивалентна окружности с диаметром  $1,1...1,4$  от внутреннего диаметра промежуточной трубы 2 в зависимости от состава исходного пиролизного сырья и требуемого уровня селективности процесса и с соотношением малой 11 и большой 12 осей геликоида  $0,47...0,79$  и с внутренним плавным выступом 13 по геометрической поверхности второго порядка с узкого конца геликоида, причем внутренний плавный выступ 13 закручен вокруг вертикальной оси 18 труб 3 и 4 (рис. 1) с шагом  $1,5...2,6$  от длины большой оси 12 геликоида в зависимости от состава исходного пиролизного сырья и требуемого уровня селективности процесса, причем закрутка внутреннего плавного выступа выполнена в противоположную сторону закрутке вихря 16 в самих геликоидных каналах, образованных внутри труб 3 и 4 геликоидной поверхностью 10, а вертикальные оси 18 для труб 3 и 4 в плоскости их поперечного сечения, относительно которых вращается периферийный вихрь 16, совпадают с точкой пересечения малой 11 и большой 12 осей геликоидной поверхности 10. На рис. 1 приведена первая однопоточная часть змеевика. Вторая однопоточная часть змеевика, в силу симметричности по отношению к первой однопоточной части змеевика, условно заменена на рис. 1 линией разрыва около бобышки 6 внизу сборной трубы 4. В целом сборочный узел имеет две входных трубы 1, две промежуточных трубы 2, две выходных трубы 3 и одну общую сборную трубу 4.