

Современная технология получения оксида этилена многоступенчата и связана с большими энергозатратами, вследствие использования высокопотенциального тепла. К примеру, рассмотрим технологию, применяемую в настоящее время на производстве (разработка фирмы «Сайнтифик Дизайн») рис.1, которая предусматривает получение оксида этилена методом прямого окисления этилена в присутствии серебряного катализатора. Кроме основной реакции окисления этилена в реакторе так же проходят побочные, такие как: 1) сгорание этилена с образованием диоксида углерода и воды, 2) образование этиленгликоля в результате реакции оксида этилена с водой. Смесь газов, выходящая из реактора, содержит продукты всех реакций, а так же этилен, азот и кислород. Для разделения данной смеси используется абсорбция водой, которая имеет высокую поглотительную способность относительно к оксиду этилена. Кроме основного продукта вода поглощает так же часть диоксида углерода и этиленгликоля. Дальнейшее разделение проходит в ректификационной колонне 1 (при 118°C). Там смесь отделяется от водного раствора этиленгликоля. Затем пары окиси этилена, воды, двуокиси углерода, этилена поступают во второй водяной абсорбер для отделения большей части диоксида углерода и этилена. После абсорбции водный раствор оксида этилена поступает на ректификацию 2 (55°C). Полученный кубовый продукт, содержащий 12 % оксида этилена, насосом подается на питание в колонну разделения 3, предварительно подогреваясь в теплообменнике до 92°C. Затем, в следующей колонне 4 происходит окончательное отделение продукта от диоксида углерода при 149°C. Для наилучшего отделения диоксида углерода в нижнюю часть колонны добавляется газообразный азот как легколетучее вещество. Товарный оксид этилена получают только из пятой колонны разделения. Как видно из описания оксид этилена проходит много ступеней очистки и это связано с большими энергозатратами. Данная проблема является важнейшей задачей для современной химической промышленности. Одним из перспективных подходов решения этой проблемы является использование сверхкритического экстракционного процесса, предложенного в патентах [1,2]. Данная проблематика так же явилась предметом исследований в работах Гумерова Ф.М. и др., где представлены характеристики фазового равновесия для системы «вода - оксид этилена - диоксид углерода» [3], а так же модель сверхкритической экстракции с использованием диоксида углерода [4]. В варианте с использованием сверхкритического диоксида этилена пять колонн разделения и одна колонна абсорбции заменяется 2-мя колоннами (экстракции (45°C) и регенерации(50°C)) (см. рис.2). Смесь газов из реактора через теплообменник поступает в абсорбер, где оксид этилена и часть других газов поглощается водой. Затем полученная смесь поступает в сверхкритический экстрактор, который подробно был рассмотрен в [4]. В экстракционной колонне в противотоке контактируют сверхкритический диоксид углерода и водный

раствор оксида этилена, в результате чего не менее 99% оксида этилена извлекается в фазу диоксида углерода. При этом унос воды экстрагентом не превышает 1%. Выделение оксида этилена из смеси с диоксидом углерода осуществляется путем ректификации в регенерационной колонне, подробно рассмотренной в [5]. Диоксид углерода, отделенный от оксида этилена, возвращается в экстракционную колонну предварительно достигнув нужного давления в компрессоре 2 и охладившись до температуры 45°C в теплообменнике 2. Рециркуляция диоксида углерода в схеме, а так же отсутствие необходимости применения азота при получении товарного оксида этилена позволяют уменьшить количество сжигаемого газа в печах, следовательно, уменьшают вредное воздействие технологии на производство. Данная технология сверхкритической экстракции оксида этилена из его водного раствора была смоделирована в специализированной программе с добавлением пользовательских подпрограмм. Так же был проведен сравнительный экономический анализ с существующей технологией. Был проведен подбор основного и вспомогательного оборудования, а так же оценены энергозатраты. В обеих технологиях рассматривалась проектная мощность 200000 т/год оксида этилена. В таблице 1 представлены предположительные энерго-затраты отдельно для теплообменников, насосов и компрессоров. Более высокие энергозатраты на насосы в классической схеме объясняются их большим количеством, в сравнении со сверхкритической схемой. Если в классической схеме используется четыре насоса, то в сверхкритической всего один, который обеспечивает рецикл воды из экстрактора в абсорбер. Но если рассматривать компрессора, то в сверхкритической схеме возникает необходимость в установке компрессора с высоким отношением Таблица 1 - Энергозатраты на оборудование в мегаваттах

Классическая технология	Сверхкритическая технология
Насосы 0,3185	0,021
Компрессора 0,02	2,1
Теплообменники 20,85	16
Всего 21,1885	18,121

давления и большой объемной производительностью, что значительно увеличивает энергозатраты в данной строке. Что касается теплообменников, то как видно из описания в классической схеме мы имеем дело с высокопотенциальным теплом, а в предложенной - температура не поднимается выше 50°C. Также во время экономического анализа была приблизительно оценена стоимость оборудования (табл. 2). При сравнительно меньшем количестве оборудования его стоимость в сверхкритической схеме оказалась выше. Это объясняется тем, что в данной схеме поддерживаются очень высокие давления, в следствие этого к оборудованию предъявляются более высокие требования прочности, а так же его производство в наше время является единичным. Таблица 2 - Стоимость оборудования в долларах

Классическая технология	Сверхкритическая технология
Насосы 70800	31000
Компрессора 4000	1050000
Теплообменники 1130000	504000
Колонны 1985000	3120000
Всего 3189800	4201000

Несомненно, в каждой из рассмотренных схем есть свои плюсы

и минусы. И если мы сейчас заменим существующую классическую схему на новую, то мы не получим большого экономического эффекта сразу. Однако стоит учесть, что предложенная новая технология получения оксида этилена значительно проще, компактнее, а так же, что самое главное, экологичнее за счет меньших выбросов в окружающую среду.