

УДК 662.747

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА РЕКТИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕГОНКИ БИНАРНОЙ СМЕСИ

Лазук Д.А.

Научный руководитель - Космачева Э.М.

Расход орошающей ректификационную колонну высококонцентрированной жидкости (флегмы) принимается в избытке по отношению к минимально возможной величине, т.е. рабочее (действительное) флегмовое число $R > R_{\min}$. Минимальное

флегмовое число $R_{\min} = \frac{x_d - y_f^*}{y_f^* - x_f}$, где x_f и x_d - мольные доли летучего компонента в

исходной смеси и дистилляте, соответственно, y_f^* - мольная концентрация летучего компонента в парах, находящихся в равновесии с исходной смесью.

Нагрузки ректификационной колонны по пару и жидкости определяются рабочим флегмовым числом, оптимальное значение которого можно найти путем технико-экономического расчета.

От значения R зависят капитальные затраты и эксплуатационные расходы на ректификацию. Эксплуатационные расходы прямо пропорциональны R и определяются расходом теплоносителя (греющего пара) на испарение жидкости в кубе-испарителе. Капитальные затраты в зависимости от R имеют минимум, соответствующий минимальному рабочему объему колонны. Появление экстремума рабочего объема колонны можно объяснить тем, что при увеличении флегмового числа число контактных устройств, а значит, высота колонны уменьшаются. В то же время площадь её сечения при сохранении скорости движения паров по колонне снизу вверх на оптимальном уровне (1...2 м/с) увеличивается.

Суммарные (приведенные) затраты в зависимости от значения флегмового числа также будут иметь минимум, который в общем случае не совпадает с минимумом капитальных затрат.

В качестве критерия оптимизации рационально принять минимум приведенных затрат $\Pi = EK + \Theta$, руб/год, где E - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, год⁻¹; K - капитальные затраты, руб; Θ - эксплуатационные затраты, руб/год.

Для исследования влияния флегмового числа на геометрические размеры ректификационной колонны необходимо с помощью широко используемого в инженерной практике графоаналитического метода определить действительное число тарелок n при различных значениях флегмового числа R . А также на основании уравнения неразрывности, составленного на свободное (не занятое тарелками) сечение колонны, найти величину последнего S .

Тогда объем активной части колонны $V = S \cdot H = S h(n-1)$, где H - высота активной части колонны; h - расстояние между тарелками.

Геометрические размеры определяют металлоемкость колонны, а значит ее стоимость. Капитальные затраты складываются из стоимости колонны Π_K , стоимости трубопроводов, арматуры, КИП, фундаментов, затрат на доставку и монтаж установки, которую можно оценить в 60...80 % от стоимости колонны, и стоимости вспомогательного оборудования (испарителя, дефлегматора, подогревателя исходной смеси, холодильников дистиллята и кубового остатка, насосов) $K = 1,7 \Pi_K + \Sigma \Pi_{\text{всп.об}}$. В стоимость

вспомогательного оборудования $\sum C_{\text{всп.об}}$ достаточно включить только стоимость испарителя и дефлегматора, т.к. при изменении флегмового числа или конструкции колонны другое оборудование остается практически неизменным. В этом случае $K = 1,7 C_{\text{к}} + C_{\text{и}} + C_{\text{д}}$.

Эксплуатационные затраты при оптимизационных расчетах можно представить только суммой затрат на греющий пар и воду, охлаждающую дефлегматор, т.к. они наиболее зависят от величины флегмового числа, $\Theta = (C_{\text{п}} D + C_{\text{в}} G) \tau$, руб/год где D и G - расход греющего пара в испаритель и охлаждающей воды в дефлегматор (находятся из уравнений теплового баланса соответствующего теплообменного аппарата), кг/ч; $C_{\text{п}}$ и $C_{\text{в}}$ - цена пара и охлаждающей воды, руб/кг; τ - число часов использования установки, ч/год.

Как показали исследования, проведенные по описанной методике для различных бинарных смесей взаиморастворимых компонентов, коэффициент избытка флегмы, при котором достигается оптимальное флегмовое число, не превышает 1,3.