

Общая закономерность, присущая процессу извлечения всех примесей, кроме триэтиламина, — положительное влияние увеличения расхода пара на процесс. Графики показывают, что извлечение метанола и кротонового альдегида связано со значительными трудностями. Оно осуществимо только при малых значениях α_c/α_o или при значительных расходах пара и большом числе тарелок.

Весьма своеобразно поведение триэтиламина. При некоторых условиях увеличение расхода пара может ухудшать его извлечение, а следовательно, привести к снижению качества ректифицированного спирта.

Необходимая степень (кратность) извлечения примесей зависит от содержания их в исходном продукте, подвергаемом эюрации, т. е. в конечном счете от вида перерабатываемого на спирт сырья и его качества. Особенно велико различие в содержании альдегидов в исходном продукте (мелассный спирт содержит их примерно в 3 раза больше, чем зерновой, и в 25—30 раз больше, чем картофельный). Ввиду того что содержание головных примесей в эюрате должно оставаться неизменным при очистке спирта, получаемого из различных видов сырья, в соответствии с увеличением содержания примесей в исходном продукте должна возрастать и степень извлечения их. Степень извлечения примесей может быть изменена прежде всего путем соответствующего изменения концентрации, вводимого в колонну исходного продукта (см. рис. 67, в), а затем — путем увеличения удельного расхода пара.

Приведенный анализ работы отгонной части эюрационной колонны сделан без учета влияния ее концентрационной части. Он полностью справедлив для колонн открытого типа. В колоннах закрытого типа (с дефлегмацией) работа концентрационной части может внести некоторые изменения в работу отгонной части колонны.

На рис. 70 приведены кривые распределения концентраций головных и некоторых промежуточных примесей по высоте концентрационной части колонны при полном ее насыщении.

Расчет проведен от тарелки к тарелке при $R = \infty$ по формуле $\alpha_n = K \alpha_{n-1}$. Из рис. 70 видно, что по высоте колонны головные примеси 3, 4, 5, 6 быстро концентрируются. Промежуточные примеси 1, 2 имеют в концентрационной части колонны максимум концентрации.

Концентрационная часть колонны может оказать существенное влияние на работу отгонной части колонны, когда она будет пересыщена головными примесями. Рассмотрим этот случай на конкретных примерах. На рис. 70 видно, что из головных примесей уксусноэтиловый эфир обладает наименьшей степенью концентрирования, следовательно, им прежде всего будет насыщена колонна. Предположим, что концентрационная часть колонны имеет 12 реальных, или 6 теоретических, тарелок (при КПД 0,5). Емкость одной реальной тарелки (по флегме) обычно равна примерно двухминутному количеству питания, вводимого в колонну. Определяя

по рис. 70 максимально возможную степень насыщения для каждой тарелки, легко подсчитать, что при отсутствии отбора головной фракции (работа с задержкой) концентрационная часть колонны будет полностью насыщена уксусноэтиловым эфиром в течение примерно 60 ч.

При дальнейшей задержке отбора головной фракции начнется накопление уксусноэтилового эфира на тарелке питания, что равноценно повышению содержания примеси в исходном продукте. Это вызовет необходимость увеличить кратность извлечения в нижней части колонны, в противном случае задержка приведет к повышению содержания примесей в эпюрате. Чтобы избежать увеличения необходимой кратности извлечения, что связано с увеличением удельного расхода пара, необходимо начать отбор головной фракции. Минимальная величина отбора этой фракции будет определяться из баланса уксусноэтилового эфира, введенного в колонну и выведенного из нее, и степенью его концентрирования. Если концентрация его на верхней тарелке колонны достигла $\alpha_k = 5 \cdot 10^2 \alpha_c$, то минимальная величина отбора головной фракции составит $\frac{1}{500} 100 = 0,2\%$ от количества введенного в колонну спирта.

Из рассмотренных головных примесей уксусноэтиловый эфир является определяющей, так как кратность концентрирования его минимальна. При выработке спирта из мелассы определяющей примесью также может быть и триэтиламин, если его много в бражке. При наличии других головных примесей с меньшей кратностью концентрирования они будут определять величину отбора головной фракции.

Расчеты показывают, что триметиламин и акролеин хорошо концентрируются и легко выводятся с головной фракцией.

С увеличением числа тарелок в концентрационной части колонны и их емкости длительность задержки соответственно увеличивается, а минимальная величина отбора головной фракции уменьшается. При этом следует учитывать аккумулирующую способность дефлегматора и конденсатора колонны. Таким образом, с точки зрения увеличения длительности задержки и возможно большего концентрирования головных примесей увеличение числа тарелок в концентрационной части колонны и их общей емкости не может встречать возражений. Но чрезмерная задержка или уменьшенный отбор головной фракции отрицательно сказывается на работе отгонной части колонны, особенно при наличии головных примесей, мало отличающихся по величине коэффициента испарения от спирта.

Теперь рассмотрим влияние числа тарелок, продолжительности задержек и величины отбора головной фракции на ход извлечения промежуточных примесей 1 и 2 (см. рис. 70). Промежуточные примеси этого типа относятся к верхним, так как концентрирование их совпадает с зоной концентрированного спирта (см. рис. 5). Верхние промежуточные примеси желательнее полностью выделить в эпюрационной колонне, так как сделать это в спиртовой

колонне почти невозможно из-за совпадения зоны их концентрирования с зоной максимальной концентрации спирта — зоной отбора очищенного спирта.

Рассмотрим поведение этих примесей на примере изомасляноэтилового эфира. Этот эфир быстро концентрируется на нижних тарелках колонны, затем концентрация его, достигнув максимума на пятой тарелке, начинает медленно уменьшаться при переходе на вышележащие тарелки. Так, если на пятой тарелке (см. рис. 70) кратность концентраций его по сравнению с тарелкой питания достигла 15, то на 11—12-й тарелках она снизилась до 10. Для полного отвода изомасляноэтилового эфира с пятой теоретической тарелки следовало бы отбирать не менее 6,7% головной фракции, при отборе же с 11—12-й тарелок — не менее 10%. Практически величина отбора головной фракции значительно меньше. Следовательно, концентрационная часть колонны всегда будет пересыщена изомасляноэтиловым эфиром, и некоторое количество его будет отводиться с элюратом.

Вследствие малой степени концентрирования промежуточных примесей на тарелках концентрационной части колонны полное насыщение ими колонны достигается очень быстро. Так, при указанных выше условиях полное насыщение колонны изомасляноэтиловым эфиром достигается приблизительно через 2 ч. Задержка отбора головной фракции вызовет переход его в элюрат.

При наличии в исходном продукте промежуточных примесей увеличение числа тарелок в концентрационной части колонны сверх оптимального и работа с длительными задержками нежелательны, так как это приводит к повышенному содержанию промежуточных продуктов в элюрате. Эти примеси обуславливают специфический вкус и запах мелассного спирта, поэтому их выделение при ректификации мелассного спирта должно считаться первоочередной задачей.

К таким примесям относится, например, кротоновый альдегид. Обладая очень малым коэффициентом испарения при больших концентрациях спирта, он практически не удаляется с ГФ при отборе ее в 3—5%. Он имеет зону максимального накопления на 6—9 ТТ выше тарелки питания, но накопление это незначительно. Таким образом, освободиться от кротонового альдегида в закрытой элюрационной колонне трудно, несмотря на то, что он сравнительно хорошо удаляется из нижней части колонны.

Следует отметить, что рассмотренные примеси являются не единственными примесями такого типа. При переработке разных видов сырья неодинакового качества и при различных технологических режимах возможно образование примесей, характер изменения коэффициентов испарения которых нам еще не известен.

Приведенные теоретические расчеты подкрепляются практикой. На основании испытаний элюрационных колонн, проведенных во ВНИИПрБе, показана целесообразность усиления отгонной части элюрационной колонны за счет уменьшения числа тарелок в концентрационной части.

При эюрации зерно-картофельного спирта, не содержащего промежуточных продуктов, возможна работа с задержкой до 40 ч, а при эюрации мелассных спиртов, содержащих значительное количество промежуточных эфиров, можно допустить только кратковременные задержки (1—2 ч).

Приведенный анализ сделан для колонны, работающей под атмосферным давлением. С изменением давления в колонне несколько изменится распределение спирта и примесей по высоте колонны. К сожалению, в настоящее время мы не располагаем данными о летучести большинства примесей при различных давлениях. Однако можно отметить, что с понижением давления в эюрационной колонне распределение концентраций этилового спирта в отгонной части практически не изменится, а в концентрационной изменение будет более резким, чем в случае работы колонны при атмосферном давлении, и концентрация спирта на верхних тарелках может достигать 97—97,3% об. (против 94—96), что может затруднить

выход верхних промежуточных примесей типа изовалерианоэтилового и изомасляноэтилового эфиров.

Работа эюрационной колонны в случае подачи воды для гидроселекции

В последнее время с целью улучшения условий эюрации в некоторых схемах ректификационных установок (см. рис. 22, 23, 24) предусматривается подача воды в концентрационную часть эюрационной колонны (экстрактивная ректификация). Такой прием получил название гидроселекции. Гидроселекция позволяет снизить концентрацию спирта на тарелках эюрационной колонны и приводит к увеличению коэффициентов испарения большинства примесей. Рассмотрим, в какой мере гидроселекция влияет на степень извлечения и концентрирования примесей в эюрационной колонне.

Для построения рабочих линий отгонной части колонны при подаче воды на ее верхнюю тарелку (рис. 71) вполне применимы уравнения (15), (16). Для

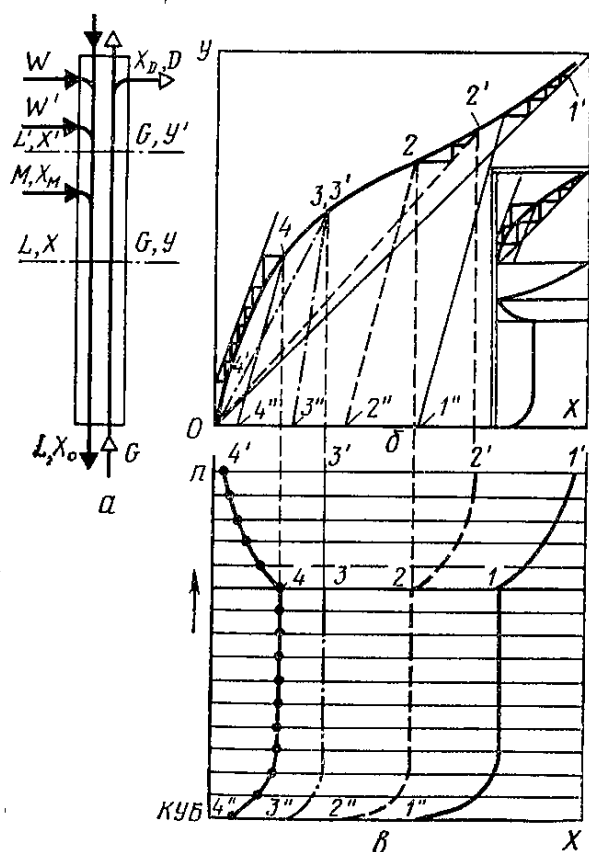


Рис. 71. Схема потоков в эюрационной колонне при гидроселекции (а), характер распределения концентраций спирта по высоте колонны (в) и то же, при промежуточном вводе воды W' (б):

Y — концентрация спирта в паровой фазе; X — то же, в жидкой фазе; n — номер тарелки; 1, 2, 3, 4 — положение рабочих линий и соответственно концентрации спирта на тарелке питания; 1', 2', 3' и 4' — то же, на верхней тарелке концентрационной части; 1'', 2'', 3'', 4'' — то же, в отгонной части