

$$F_T = 3,14 \cdot D \cdot H \cdot n \cdot N, \quad (3)$$

где  $D$  – диаметр трубки холодильной бочки;  $H$  – длина трубки холодильной бочки;  $n$  – количество трубок в холодильной бочке;  $N$  – количество холодильных бочек.

Среднегарифмическую разность температур для противоточного движения жидкости и охлаждающей воды определяли по формуле:

$$\Delta t_{ln} = \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{2,3 \lg \frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}}, \quad (4)$$

где  $\Delta t_n = t_{ж}^{ex} - t_{в}^{ex}$ ;  $\Delta t_k = t_{ж}^{ex} - t_{ж}^{ex}$ ;  $t_{ж}^{ex}$  – температура жидкости на выходе и входе в холодильную зону карбоколонины.

В результате обработки данных проведенного анализа характера изменений коэффициента теплопередачи в течении двух пробегов получены следующие результаты:

- среднее значение коэффициентов теплопередачи холодильной зоны колонны в обоих пробегах существенно отличаются (1 пробег –  $K_T = 124,4$  Вт/м<sup>2</sup>·°С, 2 пробег –  $K_T = 110,5$  Вт/м<sup>2</sup>·°С).

- значения в конце первого рабочего пробега существенно выше, чем в конце второго рабочего пробега (1 пробег –  $K_T = 98,3$  Вт/м<sup>2</sup>·°С, 2 пробег –  $K_T = 79$  Вт/м<sup>2</sup>·°С).

Таким образом, в первом пробеге появляется возможность некоторого увеличения длительности рабочего пробега колонны от 2 до 4 часов. При этом пороговые значения  $K_T$ , ниже которых необходимо производить переключение колонны на промывку, должны находиться в пределах от 81 Вт/м<sup>2</sup>·°С до 93 Вт/м<sup>2</sup>·°С.

### Литература

1. Ненно Э.С. Определение коэффициентов теплопередачи в холодильниках карбонизационных колонн. / Э.С. Ненно, В.И. Панов // Труды НИОХИМ. – Харьков, 1958. – Т XI. – С. 257 – 260.
2. Мурин Г.А. Теплотехнические измерения. / Г.А. Мурин. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1956. – 544 с.
3. Михеев М.А. Основы теплопередачи. / М.А. Михеев. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1956. – 392 с.

УДК 661.321.048:621.187.3.001.5

*А.А. Лукьянчиков; Е.Н. Михайлова (ГУ «НИОХИМ»)*

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЕДЕНИЮ СУЛЬФАТНОГО РЕЖИМА В АППАРАТАХ И ТРУБОПРОВОДАХ ОТДЕЛЕНИЯ ДИСТИЛЛЯЦИИ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

*У цьому дослідженні показані умови, за яких утворюється дігідратна, напівгідратна форми гіпсу в змішувачі і перехід їх в процесі дистиляції в інші форми. Для дистилера переважний режим роботи з утворенням напівгідратної форми кальцію сульфату, а для трубопроводу - дігідратної.*

*В настоящем исследовании показаны условия, при которых образуется дигидратная, полугидратная формы гипса в смесителе и переход их в процессе дистиляции в другие формы. Для дистиллера предпочтителен режим работы с образованием полугидратной формы кальция сульфата, а для трубопровода - дигидратной.*

*In the present work conditions are shown where dihydrate, hemihydrates forms of gypsum are obtained in the preimer and the pass of those in the distillation process to another forms. For the distiller the hemihydrate regime of calcium sulfate is preferred and for the pipeline the dihydrate regime of calcium sulfate is preferred.*

Ключевые слова: дистилляция, инкрустации, содовое производство, полугидрат кальция сульфата, дигидрат кальция сульфата, ангидрит кальция сульфата.

Как известно, дистиллеры содовых заводов, в которых отгоняется аммиак, зарастают осадками, в результате чего снижается производительность этих аппаратов и требуется остановка их на чистку. Осадки, отлагающиеся на стенках в дистиллере, состоят из  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и  $\text{SiO}_2$  [1]. Массовая доля кальция сульфата в инкрустациях составляет от 90 % до 95 %.

Инкрустации образуются в смесителе при взаимодействии известкового молока с фильтровой жидкостью, содержащей ион  $\text{SO}_4^{2-}$ . При температуре в смесителе ниже  $93^\circ\text{C}$  образуется дигидрат кальция сульфата ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) – дигидратный режим, а при температуре выше  $93^\circ\text{C}$  образуется полугидрат кальция сульфата ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) - полугидратный режим. Может иметь место и смешанный режим, когда в смесителе при температуре  $93^\circ\text{C}$  образуются  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ .

При образовании дигидратной формы гипса в смесителе дистиллерная суспензия поступает в дистиллер, где температура растет по высоте аппарата и дигидратная форма гипса переходит в полуводную, растворимость которого с ростом температуры снижается и он отлагается на внутренних поверхностях аппарата.

При образовании полуводной формы гипса в смесителе, в дистиллере с ростом температуры происходит его кристаллизация, но эта величина незначительная по сравнению с переходом одной модификации в другую, как это имеет место при образовании дигидратной формы.

Таким образом, в зависимости от температурного режима, в смесителе может выпадать дигидрат или полугидрат кальция сульфата, а в дистиллере – ангидрит или полугидрат. Выпавший на стенках дистиллера полугидрат кальция сульфата переходит в ангидрит, который образует основную массу инкрустаций [2].

Для дистиллера предпочтителен полугидратный режим дистилляции, т.е. температура в смесителе должна быть выше  $93^\circ\text{C}$  и избыточное давление низа дистиллера не ниже  $0,6 \text{ кг/см}^2$ . Такой режим можно создать в аппаратах барботажного типа, в аппаратах провального типа, которые работают при низком гидравлическом режиме при любых нагрузках такой режим создать невозможно. Поэтому необходимо создать условия для образования полугидрата кальция сульфата в смесителе независимо от конструкции дистиллера, нагрузки на него и давления низа дистиллера.

Что касается инкрустирования трубопроводов, то оно также связано с составом твердой фазы дистиллерной суспензии, движущейся из смесителя через дистиллер и трубопровод на накопитель. Так, если в смесителе образуется полугидрат кальция сульфата, он без изменений проходит через дистиллер и поступает в дистиллеропровод, где он постепенно растворяется благодаря понижению температуры. В случае полугидратного режима дистилляции практически полное подавление инкрустирования может быть достигнуто при перекачивании неразбавленной суспензии, имеющей на входе в трубопровод  $90^\circ\text{C}$ , а на выходе из него не ниже  $74^\circ\text{C}$ . Разбавление водой при этом режиме исключается. В зимний период такой трубопровод теплоизолируется.

При работе станции дистилляции на дигидратном режиме трубопровод практически не зарастает. В этом случае дистиллерную суспензию можно транспортировать по трубопроводу при температурах, имеющих место на содовых заводах.

При дигидратном режиме дистилляции перекачивание неразбавленной дистиллерной суспензии сопровождается образованием ангидритных инкрустаций, скорость роста которых тем больше, чем выше температура жидкости. Скорость кристаллизации ангидрита из неразбавленной дистиллерной суспензии резко уменьшается при понижении температуры до 90 °С и уменьшении молярной концентрации эквивалента  $\text{CaSO}_4$  в растворе до (0,32 - 0,34) н.д. При понижении температуры жидкости ниже 90 °С, скорость инкрустирования ангидритом будет меньше 0,05 мм/сутки. Таким образом, полное предотвращение образования в трубопроводе гипсовых отложений может быть достигнуто при дигидратном режиме дистилляции и незначительном разбавлении дистиллерной суспензии водой.

При полугидратном режиме дистилляции скорость образования ангидритных инкрустаций в трубопроводе при перекачке дистиллерной суспензии примерно в 3 раза меньше, чем в случае дигидратного режима. Образование полугидратных инкрустаций исключается. Инкрустации из дигидрата кальция сульфата могут иметь место на тех участках трубопровода, где температура жидкости падает ниже 74 °С.

Для подавления инкрустирования трубопровода ангидритом следует охлаждать дистиллерную жидкость в испарителях второй ступени до 90 °С. Такой способ экономически более выгоден, чем применяющееся на практике охлаждение дистиллерной жидкости холодной водой, объемная доля которой обычно составляет до 15 % от объема суспензии.

### Литература

1. Овечкин Е.К. Образование инкрустаций в дистилляционной колонне содового производства. / Е.К. Овечкин, Н.Н. Дрозин, М.И. Куцына и др. // Журнал прикладной химии, 1961. – Т. XXXIV. – С.1987 – 1995.
2. Исследование возможности получения ангидритного режима на дистилляции содового производства / Е.Н. Михайлова // Сборник научных трудов НИОХИМ. – Харьков, 2005. – Т. 74. – С. 18 – 21.

УДК 541.8:532.77.2:531.756

*Л.З. Васерман; Н.М. Воробьева (ГУ «НИОХИМ»)*

### СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПЛОТНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НАТРИЯ И КАЛИЯ ХЛОРИДА, НАТРИЯ И МАГНИЯ СУЛЬФАТА

*Розрахунок щільності водних розчинів натрію і калію хлориду, а також натрію і магнію сульфату в широкому діапазоні концентрацій і температур з використанням чотирьох відомих методів показав, що жоден з них не має явних переваг перед іншими відносно адекватності експериментальним даним і, тим більше, не є універсальним. Перед використанням того або іншого методу, щоб уникнути грубих помилок, доцільно здійснити перевірку його ефективності порівняно із вже наявними або спеціально отриманими експериментальними даними для досліджуваної системи, діапазону концентрацій і температур.*