

Введение При очистке воды от фенола используются следующие технологии: экстракция; выпаривание; сорбция; озонирование. Метод экстракции экономически выгоден в том случае, если извлекаемые вещества содержатся в значительной концентрации или имеют высокую товарную стоимость. Экстракция может осуществляться в одну или несколько ступеней. Если в сточной воде содержится фенол, то для его выделения воду можно смешать с бензолом (растворителем), в котором фенол растворяется в значительно большей степени. Таким образом, последовательно действуя бензолом на воду, можно добиться почти полного удаления фенола из воды. В качестве растворителей обычно применяют различные органические вещества — бензол, четыреххлористый углерод и др. Экстракцию можно проводить в насадочных и распылительных колонных аппаратах. Однако чаще применяют многоступенчатую противоточную экстракцию [1]. Сточные воды и экстрагент поступают на установку с противоположных сторон. Экстракт (раствор извлеченных веществ в экстракторе) удаляется из первой ступени, а очищенные сточные воды из последней ступени. Теоретическая часть Для определения количества ступеней экстрагирования вводится в рассмотрение относительная величина степени извлечения компонента из жидкостного раствора или степень обогащения экстрагента [2, 3, 4]. Относительная величина степени извлечения компонента из раствора или степень обогащения экстрагента представляют собой отношение между количеством извлеченного на ступени компонента и количеством этого компонента, поступающего на ступень с экстрагируемым раствором. Относительная величина степени обогащения экстрагента отношение между количеством вещества перешедшего из раствора и количеством этого вещества в экстрагенте, поступающим на ступень. Нумерацию ступеней будем вести от ступени входа экстрагируемого раствора при противотоке с экстрагентом. Относительная величина степени извлечения (обогащения) на i -ой ступени составляет (α_i) по рафинату, (β_i) по экстракту, где (α_i) — расход экстрагента и экстрагируемого раствора. Относительная степень извлечения (обогащения) на первой ступени по экстрагируемому раствору и экстрагенту составляет: по экстрагируемому раствор (α_1) по экстрагенту (β_1) . (2) Из уравнений (1), (2) следует: $\beta_1 = \alpha_1 \frac{C_1}{C_2}$. (3) Здесь (α_1) — расход раствора и экстрагента на входе первой ступени, а (β_1) — на выходе ступени при противотоке; (C_1) — концентрация раствора и экстрагента на входе, а (C_2) — на выходе первой ступени. На второй ступени степень извлечения (обогащения) составляет: (4) Из уравнений (3), (4) следует: $\beta_2 = \alpha_2 \frac{C_1}{C_2}$. Поступая аналогично при определении степени извлечения (обогащения) а третьей ступени, получим: $\beta_3 = \alpha_3 \frac{C_1}{C_2}$. Продолжая процесс преобразований до N -ой ступени, придем к уравнениям: (5) В частном случае, когда степень извлечения на ступенях одинакова или равна среднему значению (α) , из уравнений (5) получим: (6) Логарифмируя (6), найдем число ступеней по рафинату (N) , (7) по экстракту (N) . (8) Метод приближенного расчета числа ступеней

разделения в процессах жидкостной экстракции. В противоточный экстрактор непрерывного действия поступает на экстрагирование исходный раствор в количестве (кг/ч) с начальной концентрацией экстрагируемого вещества (кг/м³) при температуре °С. Конечная концентрация рафината (кг/м³). Начальная концентрация экстрагируемого вещества в экстрагенте (кг/м³), а конечная концентрация (кг/м³). Требуется определить расход экстрагента и число ступеней разделения. 1. Из уравнения материального баланса определяется количество извлекаемого вещества: . 2. Расход рафината и экстрагента на входе установки составляет: , . Необходимое количество экстрагента определяется из уравнения материального баланса: , . 3. Определяют средние расходы экстрагируемого раствора и экстрагента и концентрацию раствора: , , . Средняя концентрация экстрагента определяется из уравнения материального баланса: . 4. Находится отношение и константа фазового равновесия . 5. Для ступени, расположенной в области средних значений параметров процесса составляется уравнение материального баланса: , (9) где и – расходы раствора и экстрагента на выходе ступени, а и – концентрации раствора и экстрагента. Пренебрегая изменениями расходов и на ступени и принимая , , найдем концентрацию вещества в рафинате: , (10) где и – концентрации экстрагируемого вещества в растворе и экстрагенте на входе ступени. Введем эффективность ступени по Мерффи: . Отсюда . Записывая равновесную зависимость в виде , где – константа фазового равновесия и подставляя данные выражения в уравнение (10), получим значения концентрации экстрагируемого вещества в растворе на выходе ступени: . (11) 6. Определяется степень извлечения экстрагируемого вещества из раствора на ступени при средних значениях параметров , где значение концентрации на выходе ступени находится из уравнения (11). 7. По уравнению (7) находится число действительных ступеней разделения. Принимая эффективность ступени в выражении (11) , находится число теоретических ступеней. При расчете числа ступеней по фазе экстракта из уравнения (9) выразим концентрацию экстрагента, покидающего ступень (12) и введем эффективность по Мерффи, выраженную в концентрациях рафината: , где – концентрация раствора, равновесная с концентрацией уходящего экстрагента: . Используя данную зависимость в уравнении (12), получим: . Затем определяется степень обогащения экстрагента , а по уравнению (8) находится число действительных ступеней экстрагирования. При получают число теоретических ступеней разделения. Расчет процесса экстракции фенола из сточных вод В противоточном экстракторе непрерывного действия обрабатываются чистым бензолом сточные воды с целью очистки воды и извлечения фенола. Определить необходимое число теоретических ступеней экстрагирования, если в 1 г обрабатывается 10 м³ воды. Содержание фенола в воде: начальное 8 кг/м³, конечное 0,5 кг/м³. Конечное содержание фенола в бензоле 25 кг/м³, расход бензола 2,988 м³/ч, температура жидкости 25 °С. Количество извлекаемого

фенола м³/ч. Расход воды в конце процесса: м³/ч. Конечный расход бензола: м³/ч. Средний расход воды и бензола: м³/ч; м³/ч. Средняя концентрация фенола в воде: кг/м³. Средняя концентрация фенола в бензоле определяется из уравнения материального баланса: кг/м³. Отношение \dots . Значение константы равновесия [5]. Концентрация жидкости, покидающей ступень равна: кг/м³. Степень извлечения фенола на ступени: \dots . Число теоретических ступеней Принимается 7 теоретических ступеней, что в точности согласуется с расчетом по диаграмме [5]. При КПД ступени средняя концентрация жидкости покидающей ступень равна: кг/м³. Степень извлечения: \dots . Число действительных ступеней равно: \dots . Достаточно принять ст.