

В настоящей работе аналитически решается задача динамики адсорбции с использованием линейной изотермы наиболее общего вида с учетом изменения концентраций целевого компонента за счет химической реакции. Как уже отмечалось [1, 2] задача динамики адсорбции основывается на уравнении баланса массы целевого компонента (адсорбтива) для бесконечно малого элемента слоя, уравнениях кинетики адсорбции и изотермы адсорбции. Решение данной задачи позволит при кусочно-линейной аппроксимации нелинейной изотермы адсорбции выяснить физическую сущность изучаемого процесса и без проблем описать любую часть изотермы сложной формы. Кстати, следует заметить, что синтетические цеолиты, которые часто применяются в процессах очистки, имеют слегка выпуклую изотерму адсорбции близкую к уравнению прямой [3].

Общая система дифференциальных уравнений, описывающих динамику адсорбции, в одномерном потоке без учета продольной диффузии (с учетом только внешнего массопереноса), с отрицательным источником массы, имеет вид (1) (2) при краевых условиях (3) (4) (5). Отличие от [1] в данной задаче состоит в учете отрицательного источника массы за счет химической реакции первого порядка. Уравнение изотермы адсорбции (6) Здесь концентрация адсорбированного вещества в сорбенте в сечении в момент времени ; концентрация адсорбтива в потоке на расстоянии в момент времени ; скорость потока; коэффициент массообмена; константа скорости реакции; коэффициент; доля свободного сечения адсорбента (постоянная по объему порозность неподвижного слоя); концентрация целевого компонента в потоке равновесная со средним содержанием адсорбтива в слое. Первые два слагаемых в левой части уравнения (1) представляют собой скорость изменения массы целевого компонента в зазорах между частицами и внутри частиц соответственно. Третье слагаемое соответствует приращению массы целевого компонента за счет конвективного переноса с потоком. Слагаемое в правой части уравнения (1) учитывает изменение массы целевого компонента за счет протекания химической реакции. Краевые условия (3) (5) выражают следующее. В начальном сечении неподвижного слоя в произвольный момент времени концентрация целевого компонента постоянна и равна : условие (5); в начальный момент времени неподвижный слой свободен от адсорбируемого вещества: условия (3), (4). В целях обобщения задачи принимается, что коэффициенты могут принимать как положительные, так и отрицательные значения. При имеет место сток вещества, при источник массы за счет химической реакции. Задача (1) (5) решается с использованием одностороннего преобразования Лапласа по переменной Преобразования (2) с учетом выражения (6), а также (1) с учетом (2) и (6) позволяют записать (1а) (2а) К уравнениям (1а), (2а) и граничным условиям (3) (5) применяется прямое преобразование Лапласа [4] (7) (8) (9) (10) Здесь знак обозначает переход от оригинала к изображению и наоборот [4]. Если умножить обе части уравнений (1а), (2а) и условие (5) на и проинтегрировать каждый член

уравнений по y в пределах от 0 до x , то после незначительных преобразований с учетом (7) (10), можно получить (11) (12) (*). Если подставить из (12) в (11), то совместно с граничным условием (*) получается задача Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка (13) (14) где λ Здесь буква λ выполняет роль параметра. Решением (13) с условием (14) будет функция (15) Подстановка (15) в соотношение (14) дает (16) Замена в решениях (15), (16) констант их значениями приводит к выражениям ; (17) (18) где B В соотношениях (17), (18) необходимо преобразовать экспоненциальную функцию для получения табличных изображений. Эти изображения будут использованы при свертке оригиналов для получения окончательного решения. Необходимо также выполнить преобразование отдельных членов, входящих в выражения (17), (18). Решение в изображениях (17), (18) позволяют независимо друг от друга переходить к оригиналам. Поэтому можно осуществить последовательный переход к оригиналам сначала для функции a затем или наоборот.

Преобразование (17) дает (17а) Преобразование в (18) с раскрытием скобок и последующим умножением числителя и знаменателя у второго и третьего членов в правой части выражения на $e^{-\lambda x}$ и выделение множителя можно получить (18а) Для перехода к оригиналам от изображений в данной задаче базовыми являются следующие соответствия [4, 5] (19) (20) (21) где J_0 бесселева функция первого рода мнимого аргумента первого порядка; , (22) (23) ; (24) . (25) С целью получения окончательных формул (оригиналов) от изображений (17а), (18а) выполнялись операции свертывания оригиналов от произведения изображений с учетом таблицы оригиналов для отдельных членов, представленных соответствиями (19) (25). Операция свертывания оригиналов выполнялась по известному соотношению [4] (26) Кроме этого использовалась первая теорема смещения [4] (27) В результате были получены следующие выражения (28) (29) (30) (31) (32) (33) (34) (35) Наконец, можно, в соответствии с выполненными преобразованиями, записать окончательное решение исходной задачи При При При При При При При переходе в пространство оригиналов для функции использовались соответствия (19), (23), (28) (30), а для функции соответствия (31) (35). При этом были преобразованы произведения экспоненциальных функций, имеющиеся в представленных оригиналах. Следует отметить, что в решениях для определенных интегралов могут быть вычислены в конечном виде.