

Л.В. ШАТОН, инженер,
В.И. ЧЕРНЫШЕВИЧ, инженер,
А.П. ВАЛУЕВ, инженер,
В.А. СЕДНИН, канд.техн.наук,
А.М. ГАБРИЭЛЬ, канд.техн.наук,
В.Н. РОМАНЮК, канд.техн.наук,
А.П. НЕСЕНЧУК, канд.техн.наук (БПИ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСОРБЦИИ В ТЕРМОПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

Настоящее экспериментальное исследование выполнено с целью уточнения структуры дисперсного потока, распределения полей температур и порозности потока. В связи с тем что двумерная математическая модель обладает достаточной полнотой для отражения основных физических закономерностей, наблюдаемых в термопсевдоожигенном слое, и не так трудоемка для решения, опыты выполнялись на двумерной модели [1]. Идея создания установки и постановки эксперимента вызвана в основном тем, что десорберы, разработанные в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени политехническом институте, до настоящего времени, не были ориентированы на теоретическую обработку, а служили прототипами промышленных установок. Поэтому данные, полученные ранее на этих десорберах, не отражали специфику численного расчета и не могли служить точным подтверждением последнего.

Целью эксперимента являлось определение температур, остаточной степени насыщения цеолита углекислотой и распределения порозности потока в десорбере с псевдоожигенным слоем цеолита MgA (CaA).

Исходным физическим представлением для постановки эксперимента было существование устойчивого термопсевдоожигенного дисперсного потока вблизи вертикальной плоской греющей стенки.

Варьируемыми параметрами были: исходная степень насыщения цеолита углекислотой; температура греющих поверхностей; расход насыщенного цеолита, т.е. скорость потока сорбента в десорбере.

В эксперименте измерялись: начальная степень насыщения цеолита углекислотой; степень насыщения цеолита углекислотой после охлаждения его через десорбер; расход цеолита; распределение температур вдоль греющей поверхности; двумерный профиль температур дисперсного потока. Кроме того, самостоятельно производилось рентгеновское фотографирование потока с целью исследования распределения плотности дисперсного материала.

Схема экспериментальной установки для измерений в термопсевдоожигенном слое изображена на рис. 1.

Из бункера 1 насыщенный углекислотой цеолит попадает в десорбер 15. Скорость подачи цеолита регулируется сопротивлением дисперсного слоя в десорбере. Сам десорбер представляет собой кварцевый сосуд прямоугольной формы размерами 350x120 x 30 мм. Сверху десорбер открыт, снизу имеются отверстия, куда вставлены патрубки для отвода цеолита. Расход цеолита через десорбер регулируется клапанами 11. Термическая десорбция

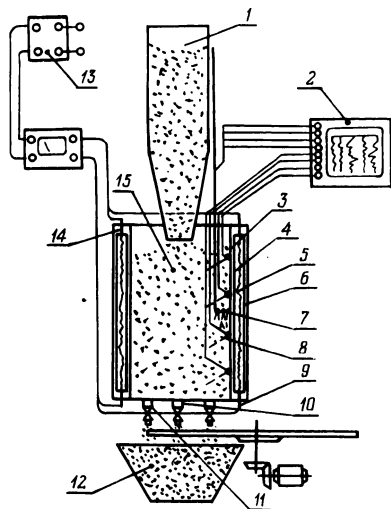


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для измерения двумерного профиля температур в десорбере с термосеudoжженным слоем.

реализуется в результате нагрева потока плоскими боковыми нагревателями 5. Эти нагреватели представляют собой медные пластины, к которым приварены две медные вертикальные трубки 6. В каждой трубке смонтирована галогенная лампа 7 (КГ 220-1000) максимальной мощностью 1 кВт. Подвод напряжения осуществляется с помощью наружных контактов 14 и 9. Нагреватели изолированы от сосуда асбестовой прокладкой 6. Температура греющей поверхности измеряется в четырех точках хромелькопелевыми

термопарами 8, зачеканенными в одну из греющих поверхностей на расстоянии 3 см друг от друга. Высота дисперсного слоя в десорбенте составляет 20 см. Из десорбента цеолит попадает в сосуд 12.

Двумерный профиль температур дисперсного материала в десорбенте измерялся с помощью подвижного блока термодатчиков, склеенных между собой в один жгут. Головки 7 термодатчиков находятся на расстоянии 3 мм друг от друга и в 10 мм от жгута. Жгут изогнут под прямым углом и прикреплен к металлическому стержню координатного устройства. На стержень нанесена шкала для определения глубины погружения термодатчиков. Первая термодатчик касается стенки, фиксируя положение блока по горизонтали.

Показания термодатчиков выводятся на светолучевой осциллограф 3, что позволяет вести непрерывный контроль, запись температур и фиксировать момент наступления события в ходе эксперимента. Использование гальванометров разной чувствительности обеспечивает измерение даже небольших отклонений температуры от начальной температуры потока.

Нагреватели питаются от трансформатора 13 через измерительный комплект К-505, позволяющий контролировать ток, напряжение и мощность на нагревателях.

Подготовка эксперимента заключалась в насыщении цеолита углекислотой до требуемой величины, тарировании гальванометров светолучевого осциллографа и регулировке выпускных патрубков десорбера с целью достижения равномерности потока цеолита в десорбере. Процесс насыщения углекислотой прекращается после достижения навеской заданной массы, определяемой по формуле

$$M_{6.ц}CO_2 = (1 + a) (M_{6.ц} - M_6) + M_6,$$

где a — необходимая степень насыщения, г/г; $M_{6.ц}$ — масса баллона с цеолитом после прокаливании; M_6 — масса баллона без цеолита.

Регулировка равномерности потока цеолита через десорбер выполнялась при помощи порции подкрашенного цеолита, во время прохождения которой производилось уточнение как расхода цеолита, так и равномерности его потока. Регулировка производилась клапанами 11 (рис. 1).

Измерение температур и степени регенерации цеолита в десорбере происходило следующим образом. Патрубки 10 в нижней части перекрывались пробками, подвижный блок термомпар помещался на дно десорбера. Цеолит, насыщенный углекислотой до определенной степени, засыпался в бункер и заполнял весь объем десорбера. Включался осциллограф и отмечалась начальная температура цеолита. Постепенно мощность нагревателей доводилась до заданного уровня, аппарат прогревался. После того как начинал кипеть цеолит в десорбере, открывались пробки выпускных патрубков, и на ленте осциллографа делалась отметка о начале работы десорбера. Далее велось наблюдение за стабильностью показаний термомпар: как только показания термомпар на блоке стабилизировались, он поднимался на 40 мм выше. Это обеспечивало измерение температур слоя по всей высоте. Во время работы десорбера делались отборы проб цеолита. После того как весь цеолит из бункера переходил в сосуд 12, осциллограф и нагреватели выключались, сосуд с цеолитом взвешивался и помещался в печь для окончательной десорбции. После прокаливания проводилось повторное взвешивание.

Расход цеолита через десорбер определялся по формуле

$$B = \frac{M_{ц.с} - M_c}{\tau_{эксп}}$$

где $M_{ц.с}$ — масса сосуда 12 с цеолитом после прокаливания; M_c — масса сосуда 12; $\tau_{эксп}$ — время эксперимента, определяемое по записи осциллографа.

Средняя степень остаточного насыщения после десорбера определялась по формуле

$$a_{ост} = \frac{M_{ц.с} CO_2 - M_{ц.с}}{M_{ц.с} - M_c}$$

где $M_{ц.с} CO_2$ — масса сосуда 12 с цеолитом до прокаливания.

Степень насыщения в отобранных пробах определялась по аналогичной методике.

На рис. 2, а—з представлены результаты измерения двумерных профилей температур в термомсевдооживленном потоке, полученные на описанной в данной работе установке. Каждый из этих рисунков отражает цикл измерений, проведенных при изменении какого-либо одного параметра, причем исходным являлось состояние десорбера, определяемое параметрами рис. 2, а. На этих же рисунках нанесены кривые (сплошные линии), полученные численным методом решения модели процессов тепло- и массообмена в термокипящем слое, которая, как видно из рис. 2, а—з, удовлетворительно аппроксимирует экспериментальные данные.

К числу характерных особенностей термокипящего слоя следует отнести то, что процесс десорбции проходит непосредственно у греющей поверхности,

и дисперсный поток нагревается мало. Линии рис. 2 быстро опускаются при удалении от стенки. Причем "экранирующее" действие десорбирующего пограничного слоя сорбента усиливается с нарастанием интенсивности переме-

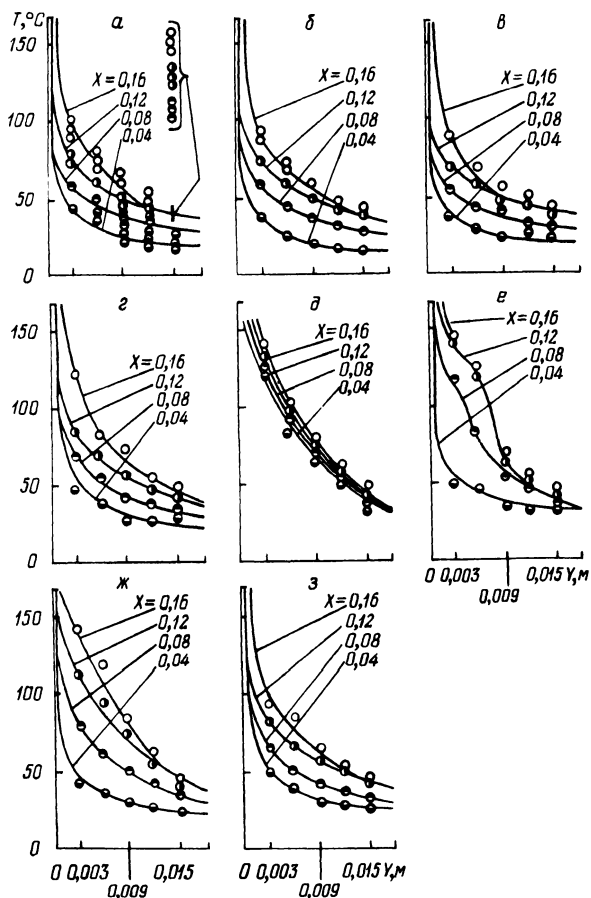


Рис. 2. Результаты измерения двумерного профиля температур в десорбере (общее исходное состояние для всех случаев задается параметрами): $T_{ст} = 573 \text{ K}$, $d = 0,092 \cdot 10^3 \text{ м}$, $G = 8,3 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$, $a_0 = 0,1 \text{ кг/кг}$, $T_0 = 293 \text{ K}$; а — исходное состояние; б — $T_{ст} = 473 \text{ K}$; в — $T_{ст} = 523 \text{ K}$; г — $T_{ст} = 623 \text{ K}$; д — $G = 2,5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$; е — $G = 5,0 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$; ж — $a_0 = 0,075 \text{ кг/кг}$; з — $a_0 = 0,09 \text{ кг/кг}$.

шивания. Когда же псевдооживление отсутствует или затрагивает лишь верхние слои потока, последний, как видно из рис. 2, а и 2,д, подвергается более сильному разогреву.

ЛИТЕРАТУРА

1. Процессы тепло- и массопереноса в кипящем слое/ А.П. Баскаков, Б.В. Берг, А.Ф. Рыжков, Н.Ф. Филипповский. — М.: Энергия, 1978. — 320 с.