

УДК 621.43; 631.37

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПАРИВАНИЯ THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF PROCESS OF EVAPORATION

М.М. Замальдинов, К.У. Сафаров
M.M.Zamaldinov, K.U.Safarov
Ульяновская ГСХА
Uljanovsk state academy of agriculture

Subsystem division «oil – water» an evaporation method is based on usual meplatexnicheskikh the laws, similar technological processes , reflecting the processes occurring at transition of water in a vaporous condition and its subsequent conclusion from a subsystem freely at the expense of evaporation.

Разделение подсистемы «масло – вода» методом испарения базируется на обычных теплотехнических закономерностях, подобных технологических процессах [1, 2], отражающих процессы, происходящие при переходе воды (при нагреве ее от 18°C до 95°C) в парообразное состояние и последующем ее выводе из подсистемы свободно за счет испарения.

При обосновании разделяемости подсистемы «масло – вода» методом испарения учитывается следующее: в связи с гигроскопичностью в масле всегда присутствует вода – свободная или связанная с углеводородами на молекулярном уровне.

По условиям технологического процесса разделения этой подсистемы, удаление воды происходит при температуре ниже температуры кипения, то есть за счет нагревания смеси и последующего испарения воды. Испаряющаяся масса пара может быть удалена самостоятельно или принудительно.

Для выяснения сути процесса рассмотрим равновесие жидкости с паром, который в данном случае является насыщенным паром. Это равновесие устанавливается само собой, если жидкость находится в закрытом сосуде.

Известно, что при нагреве жидкости с ее поверхности вылетает часть молекул, образуя пар, при этом испаряющаяся молекула может выйти, если преодолет силы притяжения со стороны оставшихся молекул, т.е. совершит работу против этих сил и работу против внешнего давления $P_{вн}$ уже образовавшегося пара, равную PdV , где ΔV – изменение объема, занимаемого данным количеством молекул при переходе жидкости в пар.

При этом надо учесть, что в закрытом сосуде при испарении наступит момент, когда число частиц, находящихся в жидкости в единицу времени, станет равным числу частиц, возвращающихся за это же время в жидкость, т.е. наступит динамическое равновесие, когда

$$P_{вн} = P_n, \quad (1)$$

где $P_{вн}$ – внешнее давление образующегося пара, Па;

P_n – давление насыщенного пара, Па.

То есть скорость испарения жидкости и скорость обратной конденсации пара сравниваются.

Дальнейшее испарение жидкости будет продолжаться. Если образовавшийся непосредственно над поверхностью насыщенным пар сдвигать или откачивать техсредством или конденсировать на другую, более холодную поверхность (посредством открытия крышки).

В этом процессе нельзя не учитывать и покидание молекулами жидкости за счет скрытой теплоты испарения, определяемой путем деления молекулярной теплоты на молекулярный вес.

В итоге полную работу, производимую при испарении одного моля жидкости, при внешнем давлении $P_{\text{вн}}$ можно определить следующим соотношением:

$$A_p = \mu_{\text{ме}} \times L_{\text{ти}} + (P_{\text{вн}} - P_{\text{н}}) \times \Delta V, \quad (2)$$

где A_p – полная работа при испарении одного моля, Дж;

$\mu_{\text{ме}}$ – молекулярная масса испаряющегося вещества;

$L_{\text{ти}}$ – скрытая теплота испарения;

$\mu_{\text{ме}} \times L_{\text{ти}}$ – доля работы от скрытого испарения;

$(P_{\text{вн}} - P_{\text{н}}) \times \Delta V$ – доля работы от открытого испарения.

Скрытая удельная теплота испарения $L_{\text{ти}}$ определяется из выражения:

$$L_{\text{ти}} = \frac{Q_{\text{н}}}{m_{\text{ж}}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{н}}$ – количество тепла, необходимое для получения насыщенного пара;

$m_{\text{ж}}$ – масса выпаренной жидкости, кг.

Это справедливо при давлении насыщенного пара $P_{\text{н}}$ и определенной температуре T .

Однако с повышением температуры системы скрытая теплота испарения убывает и при достижении его определенного критического значения $t_{\text{кр}}$ °С, она станет равной нулю и определяющим теперь фактором испарения станет упругость насыщенных паров. При этом доминирующим параметром при таком состоянии системы становится плотность молекул пара, связанная с его давлением.

В соответствии с законом Больцмана, число молекул (в единице объема), обладающих при равновесии потенциальной энергией $V_{\text{зн}}$, можно определить по формуле:

$$n_{\text{mv}} = n_0 \times e^{\frac{-V_{\text{зн}}}{K \times T}}, \quad (4)$$

где n_{mv} – число молекул в единице объема жидкости, обладающих при равновесии определенной потенциальной энергией;

n_0 – число молекул (плотность молекул) в единице объема жидкости, обладающих нулевой энергией $V_{\text{зо}}$ по отношению к реальной потенциальной энергии $V_{\text{зн}}$;

T – абсолютная температура, К;

K – постоянная Больцмана.

Однако при покидании (испарении) молекулами жидкости, они должны совершить работу против сил притяжения со стороны других молекул и их энергия изменится по сравнению с первоначальной $V_{\text{зн}}$ на величину совершенной рабо-

ты. При этом средняя энергия молекулы, вылетающей из жидкости отличается от энергии молекулы внутри жидкости на величину L_{mi}/N_0 , которая за вычетом работы против внешнего давления и есть энергия $V_{эп}$, с учетом этих факторов (4) примет вид:

$$n_{mn} = n_{эс} \frac{L_{mi}}{N_0 \times K \times T}, \quad (5)$$

где n_{mn} – число молекул пара (плотность молекул пара), потенциальную энергию которых принимаем равной нулю;

$n_{ж}$ – число молекул жидкости (плотность молекул жидкости), потенциальную энергию которых принимаем равной нулю;

N_0 – число Авогадро.

Число молекул пара (их плотность), связанных с существующим давлением паров и происходящими тепловыми явлениями, можно определить из выражения:

$$n_{mn} = \frac{P_n}{K \times T}, \quad (6)$$

где n_{mn} – число молекул пара при давлении паров, равном P_n .
производя соответствующие преобразования в (5) и (6), получим:

$$P_n = n_{mn} \times K \times T = n_{эс} \times K \times T \times e^{-\frac{L_{mi}}{N_0 \times K \times T}}, \quad (7)$$

тогда

$$\frac{L_{mi}}{R \times T} = \ln \frac{n_{эс} \times K \times T}{P_n}, \quad (8)$$

где $R = N_0 \times K$ – газовая постоянная, зависящая от природы жидкости (ее пара).

Подставив в (9) значение L_{mi} из (3) и учитывая, что:

$$R = \frac{R_{mi}}{\mu_m}, \quad \text{а} \quad \mu = \frac{m_m}{n_e}, \quad (9)$$

получим:

$$Q_n = n_e \times R_m \times T \times \ln \frac{n_{эс} \times K \times T}{P_n}, \quad (10)$$

где Q_n – количество тепла, необходимое для испарения определенного количества воды при внешнем давлении, соответствующем давлению P_n насыщенных паров системы при постоянной температуре;

R_{mi} – универсальная газовая постоянная системы (в данном случае масла), кДж/кг;

n_e – количество связанной воды, которая может быть выделена за счет испарения;

μ_m – молекулярная масса вещества.

При иных условиях рассматриваемых явлений, когда внешнее давление

паров $P_{вн}$ не соответствует давлению насыщенных паров P_n , для реализации испарительного эффекта необходимо дополнительное количество тепла с целью разделения подсистемы:

$$Q_{доп} = (P_{вн} - P_n) \times \Delta V, \quad (11)$$

При этом совершится дополнительная работа dA , необходимая для одного моля вещества (воды):

$$dA = (V_2 - V_1) \times dP, \quad (12)$$

где V_1, V_2 – молекулярные объемы соответственно пара и жидкости;

dP – разница несоответствия давления.

Значение молекулярного объема пара можно определить из уравнения Клайперона:

$$V_2 = V_1 - \frac{R_{мн} \times T}{P}, \quad (13)$$

Подставив в (12) значение V_2 и производя преобразования в уравнении:

$$dA = \frac{R_{мн} \times T}{P} \times dP,$$

получим:

$$A = R_{мн} \times T \times \ln \frac{P_{вн}}{P_n}, \quad (14)$$

Из зависимостей (10 и 14) (в соответствии с уравнениями (11 и 12)) определим количество тепла $Q_{онт}$ необходимое для испарения n_g вещества (воды, связанной с маслом), при постоянной температуре:

$$Q_{онт} = R_{мн} \times T_{нг} \times \ln \frac{n_{жс} \times K \times T \times P_{вн}}{P_n^2}, \quad (15)$$

Тогда определим количество связанной воды n_v , которое может быть выделено из масла за счет теплообмена (испарительного эффекта), будет равно:

$$n_v = R_{мн} \times T \times Q_{онт}^{-1} \times \ln \frac{n_{жс} \times K \times T \times P_{вн}}{P_n^2}, \quad (16)$$

Располагая комплексом вышеперечисленных параметров, а так же продолжительностью τ (временем) технологического цикла разделяемости данной системы за счет испарительного эффекта, можно определить скорость разделяемости подсистемы:

$$u_{рп}^{из} = R_{мн} \times T \times Q_{онт}^{-1} \times \tau^{-1} \times \ln \frac{n_{жс} \times K \times T \times P_{вн}}{P_n^2}, \quad (17)$$

где $u_{рп}^{из}$ – скорость разделяемости подсистемы (при $Q_{онт} = Q$).

В общем виде скорость разделяемости подсистемы «масло – вода» за счет испарительного эффекта выражается следующей функциональной зависимостью:

$$u_{рп}^{из} = \varphi_n [Q^{-1}, \tau^{-1}, \ln(n \times K \times P_{вн} \times P_n^{-2})] \times C, \quad (18)$$

где $C = R_{\text{тж}} T$ – постоянный коэффициент (для данных условий процесса и при постоянной температуре).

Таким образом, разделяемость данной подсистемы зависит от температурного состояния подсистемы и ее параметров: давления, теплотехнических параметров, продолжительности процесса, количества воды в подсистеме.

Ускорить этот процесс можно принудительной вытяжкой паров воды (вентилятором), что и будет предусмотрено при создании специального технического устройства.

При разделении подсистемы «товарное масло – вода» испарительно-вытяжным методом следует так же ожидать более динамичное выделение воды из этой масляной среды, чем при выделении ее из отработанного масла, в котором вода связана с продуктами термического разложения углеводородов, сработавшихся присадок и с другими компонентами.

Литература:

1. Бутов Н.П. Научные основы проектирования малоотходной технологии переработки и использования отработанных минеральных масел. – Зерноград, ВНИПТИМЭСХ, 2000. -410с.
2. Липкович И.Э. Оптимизация структуры, состава и размещение комплексов регенерации отработанных масел: Дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Зерноград, 1995.

УДК 621.31

ИСТОЧНИК СИГНАЛА ДЛЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ В ВОДНОЙ СРЕДЕ THE SOURCE SIGNAL FOR SEISMIC SURVEY IN WATER ENVIRONMENT

В.В. Ивашин, А.Е. Пестряков
V.V. Ivashin, A.E. Pestryakov

Тольяттинский государственный университет
Togliatty State University

A hydrocarbon raw materials have a significant part in modern world. A seismic survey on shelf and in bay of sea, on bank of river and lake, shallow water on account of research weak this territories is actual. A seismic source signal have a large importance in seismic survey. Quality and shortcoming of seismic source for water environment consider in this article. Version of seismic source, basing on solution of shortcoming, suggest in this article.

Для повышения эффективности проведения сейсморазведочных работ на мелководье и транзитных зонах необходимы специальные сейсмоисточники, имеющие, возможно, меньший вес и высокие технические и эксплуатационные по-