



УДК 622

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИСПАРЕНИЯ И КОНДЕНСАЦИИ ПАРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

THE MATHEMATICAL MODELING OF A PROSSES EVAPORATION AND CONDENSATION OF A VAPORS OIL PRODUCTIONS

Хабибуллаев Амет Жандуллаевич

ассистент,
Каракалпакский госуниверситет имени Бердак
bjd1962@mail.ru

Жуманова Сайёра Гайбуллаевна

старший преподаватель,
Ташкентский архитектурно-строительный институт

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые вопросы математического моделирования процессов испарения и конденсации паров углеводородов. Показаны оптимальные пути решения проблемы испарения, методом снижения парциального давления в системе.

Ключевые алгоритм, математическая модель, парциальное давление, пар, конденсация, испарение, загрязнение.

Habibullaev Amet Jandullaevich

Assistant,
Karadalkpak State University
named after Berdak
bjd1962@mail.ru

Zhumanova Sayora Gaybullaevna

Senior Lecturer,
Tashkent Architectural
and Construction Institute

Annotation. In this article shous some qwashions the mathematical modeling of a prosses evaporation and condensation of a vapors oil productions and the districting negativing. For environment. Shoos the districting evaporation vapors oil productions with the partials press.

Keywords: mathematical model, partial pressure, steam, condensation, evaporation, pollution.

Роль нефти и природного газа в мировой экономике исключительно велика. Нефть, газ и продукты их переработки используются почти во всех отраслях народного хозяйства: на транспорте и в медицине, в судостроении и сельском хозяйстве, текстильной промышленности и энергетике. Поэтому в настоящее время огромное внимание уделяется к проблеме снижения потери нефтепродуктов путем испарения паров легких фракции углеводородов, т.к. это приводит не только к экономическим, но и большим экологическим негативным последствиям. Борьба с потерями нефтепродуктов – один из важных путей экономии топливно-энергетических ресурсов, играющих ведущую роль в развитии экономики. Основным видом потерь нефти и нефтепродуктов, полностью не устранимых на современном уровне развития средств транспорта и хранения углеводородов, являются потери от испарения из резервуаров и других емкостей. Во всем мире добываемая нефть и нефтепродукты подготавливаются, перерабатываются и хранятся в резервуарных парках. Проблема повышения промышленной безопасности резервуаров обострилась в связи с рядом обстоятельств, возникших в мире в новых экономических условиях. Проведенный анализ научно-технических и практических данных по улавливаю паров нефтепродуктов, а также аварийных ситуаций вследствие взрыва и с последующим возгоранием нефтепродукта показал, что рассмотрение процессов улавливания, рекуперации паров нефтепродуктов, пожаров и взрывов нефтепродуктов в резервуаре является актуальным направлением развития науки в настоящее время.

В этом аспекте нами предприняты некоторые попытки математического моделирования процесса испарения и конденсации паров углеводородов.

Математическое описание параметров процесса испарения и конденсации паров углеводородов (скорости, давления, температуры, концентраций компонентов) представляет сложную задачу математической физики. Эта система уравнений может быть получена как частный случай из общей математической модели процесса испарения и конденсации паров углеводородов.

Итоговые гомогенные физико-химические процессы испарения и уравнения химической кинетики для этих реакций запишутся как:

$$\frac{dy_1}{dt} = -k_1 x_1 x_3^{0,25} T_1^{-0,25} \exp\left(-\frac{E_1}{RT_1}\right) = r_1; \quad (1)$$

$$\frac{dy_2}{dt} = -k_1 x_3^{1,5} X_5^{0,25} \frac{P_2}{T_1} \exp\left(-\frac{E_2}{RT_1}\right) = r_2, \quad (2)$$



где x_1 и x_2 – предэкспоненциальные множители; y_1 и y_2 – молярно-объемная концентрация паров углеводорода; x_1, x_3 – молярные концентрации нефтепродуктов; k_1, k_2 – предэкспоненциальные множители; E_1 и E_2 – энергии активации соответствующих реакций; r_1 и r_2 – молярно-объемные скорости реакции.

Для определения скорости испарения связанного нефтепродукта R_{2s} в многофазной среде – атмосферного воздуха – используется аналог закона Герца-Кнудсена [1]:

$$R_{2s} = \frac{s_2 M_2 A s \varphi_2 \left[k_{2s} \exp\left(-\frac{E_{2s}}{RT_1}\right) - P_2 \right]}{(2\pi RT_1 M_2)}, \quad (3)$$

где s_2 – удельная поверхность конденсированной жидкости; M_2 – молекулярная масса углеводорода; As – эмпирический множитель; P_2 – парциальное давление паров углеводорода; $\pi = 3,14$; E_{2s} – энергия активации процесса испарения углеводорода; k_{2s} – предэкспоненциальный множитель.

Для нахождения парциального давления паров углеводорода в металлической пластинке P_2 в (2) используется закон Дальтона [2]. Тогда для P_2 имеем выражение:

$$P_2 = P c_2 \frac{M}{M_2},$$

где M – молярная масса смеси; P – давление в смеси газов; c_2 – массовая концентрация паров углеводорода.

Эффективные коэффициенты диффузии определяются по формуле Фристрона-Вестенберга [3]:

$$D_\alpha = (1 - C_\alpha) \cdot \left(\sum_{j=1}^N \frac{X_j}{d\alpha} \right); \quad (4)$$

$$d_{\alpha,j} = 1,66 \cdot 10^{-7} \frac{(M\alpha + Mj)}{(M\alpha Mj)} \frac{P\sigma_{j,\alpha} \cdot \left(\frac{\varepsilon_j \alpha}{kT} \right)}{\alpha}.$$

Формула для коэффициентов теплопроводности компонентов газовой фазы $\lambda_j, j = 1, 2, \dots, N$, взята из [1]:

$$\lambda_j = \lambda_j^0 \left(0,115 + \frac{0,35 C p j}{R} \right); \lambda_5 = \sum_{i=1}^N \lambda_j C j; \lambda_1^0 = 8,32 \cdot 10^{-2} \frac{\sqrt{MT}}{M \sigma_i \Omega}, \quad (5)$$

где $C p, j$ – теплоемкости j -го компонента при постоянном давлении; $\Omega (2,2)$ – эмпирические постоянные [4].

Коэффициенты теплоемкости компонентов газовой фазы $C j / T^2 (a_j, b, j, c')$ – эмпирические постоянные) брались из [5], а значения величин $C p_5$ и λi_5 в конденсированной фазе взяты из [5–6]:

$$C p_5 = \sum_{i=1}^N C p j c j; \lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_1 s \varphi i + \lambda_5 \varphi_5;$$

$$R_1 = \eta_1 \cdot R_{1s} - M_1 r_1; R_2 = \eta_2 \cdot R_{1s} - R_{2s} + 2M_2 r_2; R_3 = \frac{-\eta_3 \cdot R_{3s}}{2}; R_4 = M_4 (r_1 + r_2); R_5 = \eta_4 \cdot R_{1s} - M_5 r_2, \quad (6)$$

$$\frac{2 - 2M_3 r_3}{2 - 2M_3 r_3}$$

где $c j$ – массовые концентрации компонентов газовой фазы; N – число компонентов газовой фазы; $C p j$ – теплоемкости отдельных компонентов; λ – коэффициент теплопроводности многофазной среды; λi_5 и λ_5 – коэффициент теплопроводности компонентов конденсированной и газовой фазы.

$$R_{1s} = k_{1s} P_{1s} \varphi_1 \exp\left(\frac{-E_{1s}}{RT}\right); R_{3s} = \frac{M_c}{m_3 S_3 k_{3s} \varphi_5 \rho \varphi_3 c_3 \exp\left(\frac{-E_{3s}}{RT}\right)}; R_{4s} = \alpha_4 R_{3s}. \quad (7)$$



Массовые скорости физико-химических процессов испарения R_1 , R_{1s} , R_2 в уравнениях (2), (3)–(6) имеют вид:

$$\alpha_c = \frac{M_c}{M_H - M_c}; \eta_1 = \frac{M_1}{M_H}; \eta_2 = \frac{M_2}{M_H}; \eta_3 = \frac{M_3}{M_H}; \eta_4 = \frac{M_4}{M_H}. \quad (8)$$

где R_1 , R_{1s} , R_2 – размерные величины, упомянутых выше скоростей процессов испарения и конденсации нефтепродуктов.

На основе проведенных расчетов и полученных результатов, строятся данные в виде таблицы или графиков.

Таким образом, нами на основе применения методов математической физики проведено математическое моделирование процесса испарения и конденсации паров углеводородов. Практическое применение, которого позволит снизить потерю нефтепродуктов на перевалочных станциях, заправках и нефтехранилищах.

Литература:

1. Корнев С.А. Термодинамические расчеты в химических процессах. – М. : Химия, 1999. – С. 342.
2. Мищенко В.Н., Равдель С.А. Справочник физико-химических констант. – М. : Химия, 1974. – С. 200.
3. Бородулин В.И., Горькин А.П., Гусев А.А. Новый иллюстрированный энциклопедический словарь. – М. : БСЭ, 1999. – 911 с.
4. Харук Е.В. Конденсация газов и жидкостей. – Новосибирск : Наука, 1996. – 187 с.
5. Новосельцев В.Д. Справочник химика. – М. : Химия, 1986. – 352 с.
6. Фомин В.М. Сопряжённые и нестационарные задачи механики реагирующих сред. – Новосибирск : Наука, 1984. – 319 с.

References:

1. Korenev S.A. Thermodynamic calculations in chemical processes. - Moscow: Chemistry, 1999. – P. 342.
2. Mishenko V.N., Ravdel S.A. Reference book of the physico-chemical constants. – M. : Chemistry, 1974. – P. 200.
3. Borodulin V.I., Gorkyn A.P., Gusev A.A. New illustrated encyclopedic dictionary. – M. : BSAR, 1999. – 911 p.
4. Haruk E.V. Condensation of gases and liquids. – Novosibirsk : Science, 1996. – 187 p.
5. Novoseltsev V.D. Reference book of the chemist. – M. : Chemistry, 1986. – 352 p.
6. Fomin V.M. Conjugate and non-stationary problems of mechanics of reactive media. – Novosibirsk : Science, 1984. – 319 p.