

DEVELOP A PROGRAM FOR CALCULATING THE HYDRO TREATING REACTOR

Makashev E. P.¹, Alimkhan Zh. B.² (Republic of Kazakhstan)

¹*Makashev Erlan Prmagambetovich – candidate of physical and mathematical sciences, assistant professor;*

²*Alimkhan Zhangel'dy Birzhanovich – masters degree,
FACULTY OF MATHEMATICS AND MECHANICS*

KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY NAMED AL-FARABI, ALMATY, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract: *the object of research is the removal of metals and petroleum organic sulfur compounds in hydrotreating reactors. Objective - carrying out the calculation of the material and heat balances, hydraulic design with the definition of basic geometric dimensions of the reactor hydrotreating diesel and payment workflow settings. Methods: mathematical methods of modeling of diesel hydrotreater. The results: a methodology for calculating the fluid flow and heat and mass transfer processes hydrotreating reactor, a computer program for calculating heat and mass transfer processes in the hydrotreating reactor. Heat balance equation contains all kinds of heat flows in a lossy environment. Hydraulic calculation determines the hydraulic characteristics of the hydrotreating process, namely the volume or mass flow of fuel and materials involved in the process of desulfurization, pressure loss, the resistance of different reactor devices. The material, thermal and hydraulic calculations are carried out using a computer program to optimize petroleum hydrotreating process.*

Keywords: *oil, diesel fuel, sulfur, hydrogen, vapor stream, catalyst, hydraulic calculation, reactor, temperature, enthalpy, material balance, thermal balance.*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА РЕАКТОРА Макашев Е. П.¹, Алимхан Ж. Б.² (Республика Казахстан)

¹*Макашев Ерлан Прмагамбетович – кандидат физико-математических наук, доцент;*

²*Алимхан Жангелды Биржанович – магистрант,
механико-математический факультет,*

Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

Аннотация: *объектом исследования является удаления из нефтепродуктов металлы и сероорганических соединений в реакторах гидроочистки. Цель работы – проведение расчета материального и теплового балансов, гидравлического расчета с определением основных геометрических размеров реактора гидроочистки дизельных топлив и расчет параметров рабочего процесса. Методы исследования: математические методы моделирования процессов гидроочистки дизельного топлива. Результаты работы: методика расчета гидродинамики и тепло-массообменных процессов реактора гидроочистки, компьютерная программа расчета тепло-массообменных процессов в реакторе гидроочистки. Уравнение теплового баланса содержит все виды потоков тепла с учетом потерь в окружающую среду. Гидравлический расчет определяет гидравлические характеристики процесса гидроочистки, а именно объемные или массовые расходы топлива и веществ, участвующих в процессе сероочистки, потери напора, сопротивления различных устройств реактора. Материальный, тепловой и гидравлический расчеты проводятся с помощью компьютерной программы для оптимизации процесса гидроочистки нефтепродуктов.*

Ключевые слова: *нефть, дизельное топлива, сера, водород, паровой поток, катализатор, гидравлический расчет, реактор, температура, энтальпия, материальный баланс, тепловой баланс.*

УДК 331.225.3

Целью работы является создание математической модели расчета процессов в реакторе гидроочистки. В расчете определяются основные параметры процесса гидроочистки нефтепродуктов от серосодержащих соединений и др. примесей.

В нефтеперерабатывающей промышленности наибольшее применение получили процессы гидроочистки бензиновых, керосиновых и дизельных фракций. Процессы гидроочистки осуществляют в среде водорода и с применением, как правило, алюмокобальт- или алюмоникельмолибденового катализаторов. Основным назначением гидроочистки является улучшение качества нефтяных фракций в результате удаления нежелательных примесей (серы, азота, кислорода, смолистых веществ, непредельных углеводородов). При гидроочистке помимо товарного продукта получают газ, газ, отгон (из керосиновых и более тяжелых фракций) и сероводород.

Основная трудность расчета реактора гидроочистки заключается в том, что имеющаяся по этому процессу данные крайне ограничены [1, 2, 3]. Более того, рекомендованные для расчета формулы носят

преимущественно эмпирический характер и зачастую противоречивы. Все это создает существенные трудности в выборе подхода к разработке методики расчета и определения рабочих параметров реактора гидроочистки.

В рамках указанной общей задачи целью настоящей НИР является создание математической модели инженерного расчета тепло-массообменных и гидродинамических процессов реакторе гидроочистки.

В первом разделе рассматривается методика расчетов реактора гидроочистки. Во втором разделе приводится расчет материального баланса реактора гидроочистки. Третий раздел посвящен расчету теплового баланса реактора гидроочистки. В четвертом разделе приводятся расчеты геометрических характеристик реактора.

Методика расчетов реактора гидроочистки

Реактор гидроочистки дизельного топлива установки производительностью 2 млн т в год представляет собой аппарат с аксиальным движением сырья внутренним диаметром 3,56 м и общей высотой около 12 м [1]. Корпус аппарата изолирован снаружи. В аппарате размещены два слоя катализатора: верхний высотой 2,6 м и нижний высотой 4,7 м. Сырье проходит через аппарат в направлении сверху вниз. Каждый слой катализатора защищен от динамического воздействия потока среды слоем фарфоровых шаров.

В состав реактора входят следующие элементы: распределительная тарелка, фильтрующее устройство, корпус, решетка колосниковая, коллектор для ввода пара, опорное кольцо, кольцо жесткости, опора, фарфоровые шары, штуцер для выгрузки катализатора, термопары.

Без знания основных стадий процесса гидроочистки топлив и приемлемой схемы трудно построить расчет тепло и массообмена реактора. При подаче пара в межсекционное пространство происходит его разделение на два потока. Один из них движется вверх, а другой – вниз через слои катализатора. Поскольку в верхней части реактора свободного выхода нет, то первый поток в верхней части совершает обратное движение. Таким образом, в верхней части реактора совершается рециркуляционное движение пара. При контакте пара с дизельным топливом происходит ряд последовательных процессов. Ввиду высокой температуры пара при его взаимодействии с топливом происходит нагрев и испарение последнего. С другой стороны при достижении определенной температуры смеси происходит реакция образования водорода и оксида углерода. Водород, в свою очередь, взаимодействуя с парами солянки, отбирает у него серу и образует сероводород.

Расчет материального баланса реактора гидроочистки

Удаление серы при гидроочистке дизельных фракций может быть описано кинетическим уравнением [2]:

$$\frac{S_0 - S}{S} = K \frac{1}{V} \quad (1)$$

где S_0 и S – содержание серы в сырье и продукте очистки соответственно; K – константа скорости; V – объемная скорость подачи сырья, ч⁻¹.

Расчет теплового баланса реактора гидроочистки

Уравнение теплового баланса реактора в общем виде:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (2)$$

Левая часть уравнения учитывает приход тепла с сырьем и паром (в кВт).

Правая часть уравнения учитывает расход тепла (в кВт): Q_3 – на реакции гидрирования, Q_4 – потери в окружающую среду, Q_5 – с готовым продуктом.

Гидравлический расчет реактора гидроочистки

Потери напора в реакторе вычисляется как сумма потерь:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7 + \Delta P_8 + \Delta P_9 \quad (3)$$

где ΔP_1 – потери на входе при резком расширении, ΔP_2 – потери напора на распределительной тарелке, ΔP_3 – потери напора на фильтрующем устройстве, ΔP_4 – потери напора в слое катализатора, ΔP_5 – потери напора в слое фарфоровых шаров, ΔP_6 – потери напора на колосниковой решетке, ΔP_7 – потери напора в слое фарфоровых шаров, ΔP_8 – потери напора в слое катализатора, ΔP_9 – потери напора в слое фарфоровых шаров и сжатии на выходе из реактора.

Потери напора на входе при резком расширении:

$$\Delta P_1 = \xi_1 \frac{\rho v^2}{2} \quad \text{Па} \quad (4)$$

где ρ - плотность смеси, коэффициент местного сопротивления $\xi_2 = 9801$ [3], v - скорость движения смеси $v = \frac{G_c}{S_m}$.

Заключение

В результате выполнения проекта собраны имеющиеся экспериментальные данные каталитического реактора и процесса гидроочистки, теплофизических свойств топлив и других веществ, участвующих в процессе. Материальный баланс учитывает приходные и расходные потоки веществ, участвующих в процессе гидроочистки, в обеих ступенях реактора. Потоки найдены в явном виде в зависимости от основных параметров (Т, v, Р) процесса. Уравнение теплового баланса содержит все виды потоков тепла с учетом потерь в окружающую среду. Гидравлический расчет определяет гидравлические характеристики процесса гидроочистки, а именно объемные или массовые расходы топлива и веществ, участвующих в процессе сероочистки, потери напора, сопротивления различных устройств реактора. Материальный, тепловой и гидравлический расчеты проводятся с помощью компьютерной программы для оптимизации процесса гидроочистки нефтепродуктов.

Список литературы / References

1. *Молоканов Ю. К.* Процессы и аппараты нефтегазопереработки. М.: Химия, 1980.
2. *Суханов В. П.* Каталитические процессы в нефтепереработке. М.: Химия, 1979.
3. *Ластовкин Г. А., Рудин М. Г., Васильев А. В.* Прогрессивные проектные решения нефтеперерабатывающих заводов. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1976.

Список литературы на английском языке / References in English

1. *Molokanov YU. K.* Protsessy i apparaty neftegazopererabotki. M.: Khimiya, 1980.
2. *Sukhanov V. P.* Kataliticheskiye protsessy v neftepererabotke. M.: Khimiya, 1979.
3. *Lastovkin G. A., Rudin M. G., Vasil'yev A. V.* Progressivnyye proyektnyye resheniya neftepererabatyvayushchikh zavodov. M.: TSNIITEneftekhim, 1976.