

К расчету состава и выхода газов разложения в печах нагрева мазута

Выполнен расчет выхода и состава газов разложения в печах нагрева мазута перед вакуумной разгонкой с помощью разработанной в НПК «Кедр-89» программы «КРЕКИНГ», предназначенной для расчета процессов термического разложения сырья в змеевиках реакционных и нагревательных печей.

Проведено сравнение полученных результатов с литературными экспериментальными данными и результатами расчета по эмпирическому уравнению, используемому в моделирующей системе PRO II. Показано неплохое их совпадение с экспериментальными значениями выхода газов разложения и концентраций в них углеводородов C_3-C_7 .

Ключевые слова: термическое разложение нефтяных остатков, вакуумная перегонка мазута, печи нагрева мазута, выход и состав газов разложения.

Разрабатываемая в НПК «КЕДР-89» программа «КРЕКИНГ» для расчета реакционных змеевиков трубчатых печей позволяет на основе метода ячеек производить расчет фракционного и группового составов продуктов легкого ($350-650^\circ\text{C}$) термического крекинга.

Для описания свойств индивидуальных углеводородов и высокомолекулярных соединений нефти строится трехмерная непрерывная область, которая затем разбивается на подобласти, отвечающие различным группам соединений: парафиновым, нафтеновым, ароматическим углеводородам, смолам и асфальтенам. Для ячеек области отслеживаются изменения системы под действием градиента термодинамического потенциала Гиббса и рассчитываются фракционный и групповой составы, а также физические характеристики продуктов в зависимости от конверсии сырья в змеевиках печей.

Одной из возможностей применения программы является расчет выхода и состава газов разложения при нагреве мазута, позволяющий повысить надежность расчета вакуумных колонн перегонки мазута и вакуумсоздающих систем.

Сложность экспериментального определения количества и состава газов разложения на выходе мазута из печи при обследованиях промышленных и пилотных установок затрудняет получение надежных эмпирических зависимостей для расчета этих показателей. Это приводит к погрешностям при моделировании процессов перегонки мазута, особенно при расчете эжекторных систем вакуумных колонн.

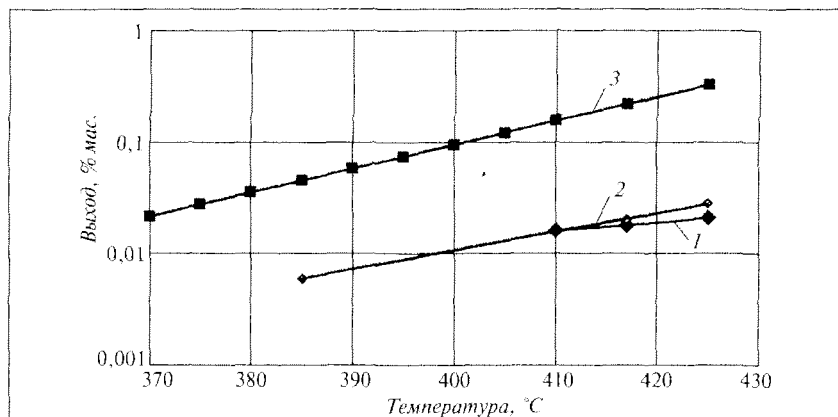
Ненадежность малочисленных эмпирических уравнений и рекомендаций по выходу количества газов разложения вынуждает проектировщиков предусматривать необоснованные коэффициенты запаса, приводящие в конечном счете к снижению эффективности работы вакуумсоздающих устройств и повышенным энергетическим затратам.

С целью оценки возможности использования программы «КРЕКИНГ» для расчета состава и выхода газов разложения с учетом реальных гидравлического и теплового режимов и конструкции нагревательной печи было проведено сравнение результатов расчета с экспериментальными данными БашНИИ НП* и данными заводских анализов газа на выходе из вакуумсоздающей системы.

Сравнение результатов расчета по предлагаемой программе с экспериментальными данными было проведено для процесса вакуумной перегонки мазута западносибирской нефти на АВТ типа 12/2 без водяного пара. К сожалению, конструктивные параметры печи, с использованием которой в БашНИИ НП проводились эксперименты, неизвестны. Это не позволило оценить время пребывания и профиль температур по длине змеевика. В связи с этим для расчета была выбрана реальная вакуумная печь для нагрева мазута установки АВТ-2 Комсомольского НПЗ. Печь эксплуатируется с той же производительностью на близком по составу сырье (мазуте западносибирской нефти) при тех же конечных температурах нагрева без подачи водяного пара в змеевик.

На рисунке приведены результаты сравнительной оценки расчетных и экспериментальных данных по выходу газов разложения на мазут. Кривая 1 характеризует зависимость выхода газов разложения от температуры, полученную в экспериментах БашНИИ НП. Результаты расчета по про-

* Креймер М. Л., Трупанов Н. В., Галзя М. Г. и др. – Труды БашНИИ НП. – 1972. – Вып. 14. – С. 92–100.



Сравнение экспериментальных данных БашНИИ НП (кривая 1) о выходе газов разложения в печах нагрева мазута с результатами его расчета по эмпирическому уравнению (1) (кривая 2) и программе «КРЕКИНГ» (кривая 3)

Компонент	Содержание (% об.) в газах разложения, получаемых при температуре нагрева мазута, °С		
	410	417	425
CO ₂	-/1,64	-/1,49	-/1,49
H ₂	1,32/0,13	1,4/0,13	1,37/0,13
H ₂ S	3,73/8,34	3,73/5,68	3,73/5,68
CH ₄	23,91/10,16	23,3/10,58	23,03/10,58
ΣC ₂	24,22/13,72	24,85/14,14	25,02/14,14
ΣC ₃	18,47/20,7	18,21/24,95	18,3/24,95
ΣC ₄ H ₈	5,17/7,9	5,19/8,87	5,19/8,87
ΣC ₄ H ₁₀	14,82/12,48	15,10/14,10	15,06/14,10
ΣC ₅ H ₁₀	1,5/11,88	1,49/7,72	1,43/7,72
ΣC ₅ H ₁₂	6,84/9,19	6,73/11,00	6,83/11,00
ΣC ₆	-/3,76	-/1,34	-/1,34

Примечание. В числителе — результаты расчета по программе «КРЕКИНГ», в знаменателе — экспериментальные данные БашНИИ НП.

грамме «КРЕКИНГ» при тех же режимах, что и в экспериментах БашНИИ НП, представлены кривой 2. Кривая 3 построена с помощью широко используемого в практике проектирования эмпирического уравнения, заложенного в моделирующую систему PRO II:

$$G_{гр} = 286 \cdot 0,15 \times \exp\left(0,0495 \frac{t - 385}{\rho_m}\right), \quad (1)$$

где $G_{гр}$ — массовый выход газов разложения, кг/ч; t — температура

нагрева мазута, °С; ρ_m — плотность мазута, кг/м³.

Для адекватности сравнения плотность мазута при расчете по уравнению (1) была принята такой же, как при расчете по программе «КРЕКИНГ».

Сравнительный анализ данных, приведенных на рисунке, показывает, что результаты расчета выхода газов разложения по программе «КРЕКИНГ» достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными БашНИИ НП, расчет же по эмпирическому уравнению

(1) дает завышенные результаты.

В таблице приведены сравнительные расчетные и экспериментальные данные по составу газов разложения. Прежде всего следует отметить довольно слабое влияние конечной температуры нагрева мазута на состав газов разложения в отличие от ее влияния на выход газов разложения.

Сравнение экспериментальных и расчетных составов газа разложения показывает, что удовлетворительное совпадение достигнуто по содержанию ΣC₃, ΣC₄H₈, ΣC₄H₁₀ и ΣC₅H₁₂. Расчет дает завышенный выход суммы легких компонентов и заниженный выход изомеров ΣC₅H₁₀. Существенные расхождения расчетных и экспериментальных значений концентраций отдельных компонентов можно отчасти объяснить отсутствием информации о составе и расходе сырья, а также о конструктивных параметрах печи, в которой проводился эксперимент. В расчете были приняты параметры, соответствующие условиям эксплуатации вакуумной печи установки АВТ-2 Комсомольского НПЗ, которые могли существенно отличаться от условий эксперимента. Кроме того, точность расчета зависит от надежности данных о фракционном и групповом составе мазута.

Неплохое совпадение расчетных и экспериментальных значений выхода газов разложения и концентраций в них углеводородов C₃–C₅ позволяет надеяться, что после доработки программа «КРЕКИНГ» поможет существенно повысить надежность проектирования нагревательных и реакционных печей, ректификационных колонн и систем для создания вакуума.

The yield and composition of decomposition gases were calculated in atmospheric resid heating furnaces before vacuum distillation with the KREKING program developed at Kedr-89 Co., which provides for calculating processes of thermal decomposition of feedstock in the coils of reaction and heating furnaces. The results obtained were compared with the published experimental data and the results of calculation with an empirical equation used in the PRO II modeling system. Their poor agreement with the experimental values of the yield of decomposition gases and concentrations of C₃–C₅ hydrocarbons in them was demonstrated.

Key words: thermal decomposition of petroleum resids, vacuum distillation of atmospheric resid, atmospheric resid heating furnace, yield and composition of decomposition gases.