

практически неизменное содержание углерода в молекулах. Не менее важно и то, что относительное содержание гетероатомов в молекулах возросло на 0,5 – 1%.

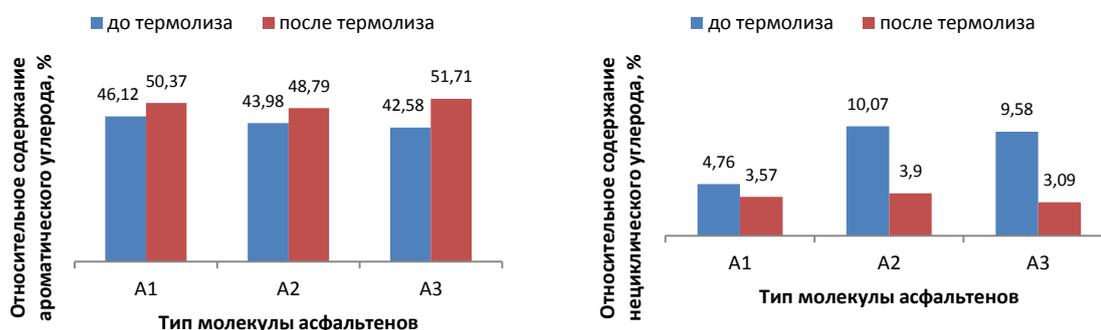


Рис. Изменение относительного содержания углерода средних молекул асфальтенов в процессе термоллиза

Анализ структурных характеристик усредненных асфальтеновых молекул показал, что в процессе термоллиза во всех образцах наблюдается увеличение фактора ароматичности на 4 – 9 % и снижение доли алифатического углерода на 2 – 7% (рисунок). Доля пятичленных колец в процессе термоллиза несколько снизилась для молекул A2 и A3, в то время как для A1 осталась неизменной. Также возросло количество структурных блоков асфальтенов A1 на 30 %, A3 – на 12 %, при этом для A2 число структурных блоков осталось прежним.

Установлено, что молекулы типа A1 подвержены, главным образом, реакциям конденсации без разрушения алифатических цепей; молекулы типа A2 склонны, в первую очередь, к реакциям циклизации алифатических фрагментов, а также к реакциям дегидрирования и разрушения нафтеновых циклов с образованием ароматических систем и алифатических цепей, соответственно. Молекулы типа A3 преимущественно участвуют в реакциях конденсации с другими молекулами, а также в реакциях дегидрирования нафтеновых систем и циклизации алифатических фрагментов.

#### Литература

1. Везиров Р.Р., Обухова С.А., Теляшев Э.Г. Новая жизнь термических процессов. // Химия и технология топлив и масел, 2006. – №2. – С. 5-9.
2. Головки А.К. Природные битумы и тяжелые нефти. / А.К. Головки, В.Ф. Камьянов, Л.В. Горбунова. // Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: Недра, 2006. – С. 64.
3. Дорохин В.П., Палий А.О. Состояние и перспективы добычи тяжелых и битуминозных нефтей в мире // Нефтепромысловое дело, 2004. – № 5. – С. 47-50.
4. Камьянов В.Ф. Структурно-групповой анализ компонентов нефти. / В.Ф. Камьянов, Г.Ф. Большаков. // Нефтехимия, 1984. – Т. 24. – № 4. – С. 443-449.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НЕФТИ В РЕЗЕРВУАРЕ

А.А. Крутей

Научный руководитель доцент Е.В. Бешагина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ежегодное увеличение объема добычи нефти приводит к увеличению количества резервуарных парков, а, следовательно, к необходимости более эффективно проводить процесс промышленной подготовки, в частности, этап хранения, который является одним из ключевых. Залог успеха в проведении стадии хранения нефти заключается в рациональном использовании промышленного оборудования, в частности, нефтяных резервуаров, основной проблемой при эксплуатации которых являются нефтяные (донные) отложения, накапливающиеся со временем на дне резервуара. Донные отложения уменьшают полезную емкость резервуара, поэтому проблема их размыва становится актуальной и требует рационального решения.

Физически, отложения представляют собой плотную не текучую массу, располагающуюся по днису резервуара крайне неравномерно, состоящую в основном из парафина. Уровень осадка может колебаться от 0,3 до 3 метров, а объем – от 300 до 6000 м<sup>3</sup>. Осадок препятствует движению нефти и перемешиванию различных ее слоев в резервуаре, одновременно происходит уменьшение рабочего (полезного) объема резервуара.

В настоящее время для борьбы с донными отложениями на днищах стальных вертикальных резервуаров с нефтью используют устройства предотвращения и размыва осадка – размывочные головки, устройства «Диоген», «Гайфун» и т.п. Они предназначены для размыва и перемешивания отложений подвижной струей нефти в резервуарах различной емкости [2].

Целью работы являлось моделирование процессов перемешивания нефти и расчет гидродинамических характеристик потока жидкости в резервуаре, оснащенный устройствами для размыва донных отложений

(«Тайфун», «Диоген» и т.д.) с использованием моделирующего комплекса *Flow Vision*, который позволяет проводить расчет движения потоков внутри резервуара.

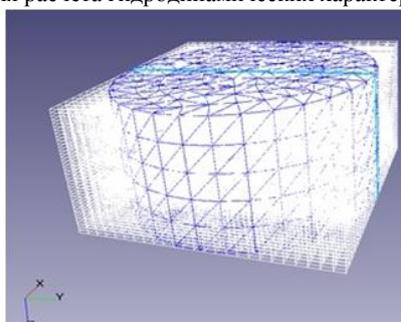
В качестве объекта исследования был выбран нефтяной резервуар вертикальный стальной объемом 3000 куб.м, оснащенный устройствами для размыва донных отложений «Тайфун». В резервуаре находилась высокопарафинистая нефть, обладающая следующими свойствами (табл.1):

*Таблица 1*

**Основные свойства нефти**

Характеристики	Шифр месторождения
	НМ1
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	0,831
Вязкость кинематическая при 20°С, мм <sup>2</sup> /с	4,69
Массовое содержание, % парафинов	6,4
Температура застывания,	+8,4

Расчет резервуара проводился с использованием метода объемного моделирования. Первым этапом была создана геометрическая модель резервуара (рис.1) с применением программы *Simulia Abaqus*, которую далее импортировали в программу для расчета гидродинамических характеристик потока *Flow Vision*.



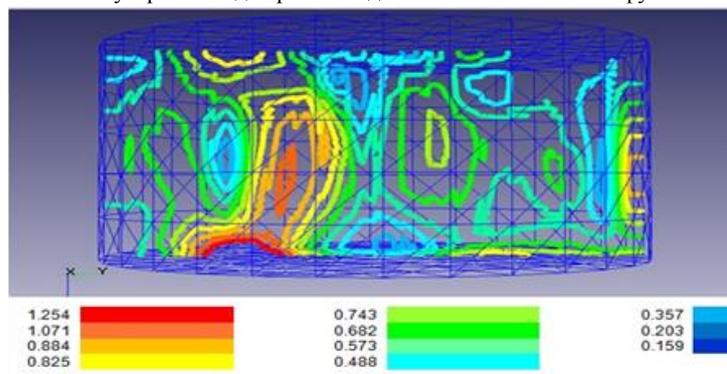
**Рис. 1 Готовая расчетная сетка**

Математическое описание и расчёт гидродинамических характеристик турбулентного течения основывается на уравнениях неразрывности и Навье – Стокса, в которые подставляется истинная скорость, выражаемая как сумма средней по времени и пульсационной составляющих [1].

Далее описывать потоки движения будем уравнениями для случая вязкой несжимаемой жидкости.

Результаты расчета представляются в виде линий разных цветов, каждый из которых соответствует определенной скорости потока поскольку именно такая форма представления является наиболее наглядной и легкой для понимания. Первым этапом расчета являлся расчет случая простого налива нефти в резервуар, без использования специальных устройств для размыва донных отложений. В ходе моделирования и расчета скоростей потока установлено, что при обычном наливе нефти не происходит перемешивание содержимого резервуара. Скорость движения нефти мала настолько, что размыва донных отложений не наблюдается, а значит, через некоторое время будет необходимо очищать резервуар от донных отложений, что приводит к дополнительным затратам.

Вторым этапом расчета являлся расчет (рис.2) перемешивания нефти в резервуаре при использовании специального приспособления: устройство для размыва донных отложений «Тайфун».



**Рис. 2 Распределение скоростей движения нефти в резервуаре, оснащенном устройством «Тайфун»**

Из рисунка видно, что перемешивание хранимого продукта происходит недостаточно интенсивно. Это позволяет сделать вывод о том, что размыв отложений происходит не эффективно. Для интенсификации процесса необходимо снизить вязкость нефти. В качестве рекомендации по снижению реологических свойств

нефти наиболее экономически эффективным и распространенным способом является добавление химических реагентов – депрессорных присадок [3].

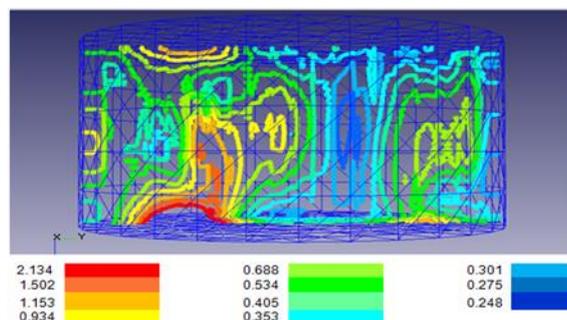
В качестве присадок использовали композиции двух образцов (табл. 2), в различном соотношении. Добавку присадок осуществляли в концентрациях от 50 г/т до 500 г/т.

Таблица 2

<i>Качественный состав образцов</i>	
Образцы-ингибиторы	Особенности композиций
Образец 1 – 70:30	полиэфир : нефтеполимерная смола
Образец 2 – 30:70	нефтеполимерная смола: полиэфир

Установлено, что наиболее эффективной депрессорной способностью является композиция Образца 2, так как снижение вязкости нефти при её добавлении составляет 35 – 40%, при минимальном расходе 50 г/т и 100 г/т.

Заключительным этапом расчета и моделирования являлось (рис.3) перемешивания нефти с добавлением депрессорной присадки в резервуаре при использовании устройства «Тайфун».



**Рис. 3** Распределение скоростей движения нефти с присадкой в резервуаре, оснащенном устройством «Тайфун»

Из рисунка видно, что добавление эффективной депрессорной присадки и использование устройства «Тайфун» позволяет интенсифицировать процесс размыва донных отложений на 40 % за счет сниженной вязкости исследуемой нефти, активного перемешивания содержимого резервуара и высокой скорости струи жидкости.

В заключении можно сделать следующие выводы, что полученные модели и расчеты позволяют спрогнозировать вероятность и интенсивность нефтепарафиновых отложений в резервуарах, эффективность размывных устройств, и на основании полученных результатов принять своевременные меры по предотвращению накопления донных отложений.

#### Литература

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Альянс, 2008. – 753 с.
2. Лукьянова И.Э. Теоретические основы совершенствования методов расчета стальных вертикальных резервуаров с понтонами: Автореферат. Дис. ... докт. техн. наук. – Уфа, 2010. – 44 с.
3. Beshagina E.V., Loskutova Y.V., Yudina N.V., Krutey A.A. Paraffin Blockage Specificsin Model Petroliferous Systems// Procedia Chemistry, 2014. Vol. 10. P. 229-235.

### КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРИРОВАНИЯ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИОФЕНОВОГО РЯДА

К.И.Кузьмина

Научный руководитель доцент Н.И. Кривцова

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия**

Гидроочистка является одним из наиболее важных процессов в нефтепереработке. Гидроочистка дизельного топлива направлена на снижение содержания серы и полиароматических углеводородов в продукте [1].

Сернистые соединения в дизельной фракции представлены сульфидами и соединениями, содержащими атом серы в составе ароматических гетероциклов – тиофенами, бензотиофенами и их алкилзамещенными гомологами, а также в меньшей степени меркаптанами и дисульфидами [2].

Реализация процессов гидроочистки сопровождается сложной совокупностью химических и физических процессов на поверхности катализатора [3]. Очищаемое сырьё содержит большое количество индивидуальных серосодержащих компонентов, превращающихся с различными скоростями. При гидрообессеривании прямогонных фракций на катализаторах последнего поколения легко удаляются меркаптаны и сульфиды, остаточное содержание серы представлено преимущественно серосодержащими соединениями тиофенового ряда [4].