

Реструктуризация нефти месторождения Жангурши



А.В. Войтович

Институт нефти УАН, Киев, Украина

В данной статье описаны результаты применения новой технологии предкрекинговой обработки сырья. Способ получил название кавитационного гидрирования (*КГ*) или же – реструктуризации сырьевых углеводородов. Реструктуризация углеводородных смесей показана на примере нефти Жангурши – одного из казахских месторождений. В статье представлены необычайно высокие результаты применения технологии и описаны тенденции развития указанной технологии.

(Ключевые слова: нефтепереработка, новации, кавитация, гидрирование, реструктуризация углеводородов).

(Key words: refining, innovations, cavitation, hydrogenation, restructuring of hydrocarbons).

Введение

Сырье для нефтепереработки имеет свой генезис и свои характеристики. Их изменение требует новых подходов познания и технологических новаций. Поэтому парк оборудования расширяется, но при медленной эволюции методологической базы. Использование традиционных взглядов на операционные преобразования сырья незначительно «легируют» арсенал используемых способов, но не приносит их кардинального улучшения. При современном состоянии прикладных технологий развитие мировой экономики ограничено недостатком фундаментальных знаний о физике процессов преобразования материи. Это, в частности, демонстрирует нефтепереработка, хотя и она ранее подвергалась скачкообразному развитию.

Уровень техники

Известны близкие и дальние аналоги данной технологии. Для упрощения данного текста направим читателя к работе [5], где в достаточно полной мере раскрыт этот тезис. Представлены ссылки на более 2,5 тыс. работ, которые в достаточной мере раскрывают основы метода. Неудачное или же неэффективное применение кавитационных технологий иллюстрируют многочисленные сообщения, но наиболее характерные представлены в списке [6-12],

Особенности исследований и аппаратное обеспечение

Суть технологии кавитационного гидрирования *КГ* состоит в ослаблении внутримолекулярных связей и в принудительном насыщении тяжелых углеводородов активными частицами атомарного водорода или частицами



Рис. 1. Внешний вид лабораторной установки «Поток-7М», которую использовали для реструктуризации нефти Жангурши.

легких водородсодержащих радикалов. Эти органические соединения продуцирует жидкофазный генератор атомарного водорода, размещенный в закрытом реакторе установки. Реактор работает в трех гидродинамических режимах: линейном режиме, режиме байпаса и консервативном режиме. В экспериментах с нефтью Жангурши использован линейный режим и байпас, при которых нефть загружают насосом в реактор, насыщают ее легкими водородсодержащими радикалами, поддерживая оптимальные значения величин термодинамических и гидроакустических параметров (уставки системы управления параметрами реактора) и, в темпе процесса, эвакуируют обработанное сырье из полости реактора. Обработанную таким способом нефть называют выходным продуктом или продуктом переработки. Из реактора ее направляют в емкость, а из параллельного выходного канала через манифольд отбирают в герметичную мерную емкость, укупоривают, маркируют и готовят образец для дальнейшего проведения исследования ее физ-химических характеристик. Для обработки сырья используют эффект мультипузырьковой кавитации, который обеспечивает непрерывный кавитационный процесс - «кипение» сырья, насыщенного водородсодержащими радикалами в ограниченной области реакторного пространства и фазовые переходы (из жидкого состояния в парогазовое состояние пузырька и обратно). Все эффекты, применяемые для обработки сырья, изученные управляемые и регистрируемые процессы. Для каждого нового сырья необходимо провести экспериментальные исследования кавитационного гидрирования, провести анализ результатов, чтобы определить область оптимальных управляющих параметров и, в дальнейшем, применить их в качестве уставок системы автоматического управления технологическим оборудованием. На рис.1 представлен внешний вид лабораторной установки «Поток-7М», с помощью которой проводят исследования реструктуризации различного сырья. Установка подвижная. В

легком трубчатом каркасе размещен реактор, насос с электродвигателем, аппаратура управления параметрами гидродинамического, акустического, теплового поля. На лицевой поверхности установки смонтирован пульт оператора, внутри которого размещена система контроля и управления. Измерительные приборы и средства управления и задания технологических режимов размещены на поверхности пульта управления.

Энергопотребление установки – не превышает 7кВт. Нагрев реактора и фитингов не превышает температуры 90°C. Давление в гидравлической системе не превышает 0,5 МПа. Расход сырья не более 22 л/мин. В системе управления установки реализована возможность изменения технологических режимов работы. Установкой

управляют два оператора. Перемещение установки и ее эксплуатацию вне лаборатории не рекомендовано из-за хрупкости элементов оборудования, содержащих пьезокерамику и элементы микроэлектроники.

В [5] приведено описание и перечень эксплуатационных характеристик установок, а также представлен внешний вид некоторых опытно-промышленных установок серии «Поток», рассчитанных на переработку сырья объемом в 50, 100, 200 куб.м в сутки и более с целью увеличения содержания легких фракций вплоть до газовых продуктов. А также с целью нуклонной десульфуризации или принудительной изомеризации сырья, а также целенаправленного повышения качества моторных масел. Установку и технологию **КГ** можно применять для синтеза необычных неорганических и органических веществ, таких как NH_3 , H_2O_2 , H_2O_3 и т.п.

Описание процесса

Переработку нефти проводят в тороидальном реакторе с целью исследования влияния технологических режимов системы управления на показатели ее реструктуризации. Процесс исследования направлен на принудительный синтез легких углеводородов, которых до этого не было в составе сырья. Последующий анализ проб дает информацию об осуществленных преобразованиях в сырье, произошедших под влиянием наводороживания и влияния других менее значительных факторов влияния. Последовательность операций по управлению установкой в эксперименте здесь опускаем. При анализе определяют необходимые стандартизованные показатели состояния сырья в нормальных (лабораторных) условиях. Здесь введен показатель эффективности реструктуризации, определяемый в виде разницы между объемом полученных дистиллятов и их объемом в необработанном сырье.

Сырье

Известно, что предоставленное для экспериментов сырье месторождения Жангурши обладает рядом замечательных свойств. Мангыстауский осадочный бассейн [1 – 4], включающий месторождение Жангурши, играет ведущую роль, поставляя почти 30% нефтедобычи Казахстана. Нефтяные месторождения прилегающих районов обеспечивают добычу малосернистых, высокопарафинистых (содержание в них парафина – от 10 до 20%) и высокосмолистых нефтей. Дистиллятные фракции по групповому углеводородному составу имеют исключительно парафиновую основу. Из-за избыточного содержания высокомолекулярных парафиновых и нафтеновых ароматических соединений (включая полициклические соединения, входящие в состав смолоасфальтеновой части нефти) нефти являются высокозастывающими. Содержание ароматических углеводородов даже в высокозастывающих фракциях нефти составляют всего 5-7%. На базе нефти были получены промышленные партии 100-индексных базовых масел. Изучением масляных фракций нефти установлено, что промышленная смесь представляет собой ценное сырье для производства высокоиндексных масел парафинового основания. Нефти Мангышлакской области, находящихся на Бузачинском своде, месторождений (Тюбеджик, Жангурши) получены с глубины перфорации соответственно 293-311, 445-455 м. содержат 0,47-0,52% серы, 3,96 - 9,38% парафина и выход светлых фракций составляют 14,79-28,08%. В иных информационных ресурсах указывают на то, что Нефть месторождения Жангурши, отобранная с глубины 445—455 м, альбского горизонта, сернистая, парафиновая и высокосмолистая. Нефть имеет незначительный выход бензиновых фракций, высокую плотность 0,922 (0,9218) г/см³ или же 21,97 (22) °API. Температура застывания —10°С, вязкость — умеренная. Но в паспорте вязкость нефти оценили в 3277 мм²/с при 20°С. Из нефти месторождения Жангурши получены высокоиндексные (121,100,82) масла. Выход базовых масел значительный. Остаточное базовое масло имеет индекс вязкости 98 и температуру застывания -11°С. Выход масла из нефти 18,01%. Суммарный выход дистиллятных и остаточных базовых масел из данной нефти 40,11%. В паспорте нефти выход топливных дистиллятов равен 6,5% при температуре 300°С, и равен 23% при температуре 360°С.

Результаты исследований

Второпях, или по другим причинам, нам была предоставлена неподготовленная нефть, прямо со скважины. Откровенно говоря, из-за этого пришлось изрядно “мучиться”, анализируя продукты переработки в условиях существующей скромной лаборатории. Вместо коротких сеансов разгонки тратили по 4-5 часов на медленный разогрев каждой пробы и последующую выдержку при температуре испарения воды и углеводов для их дегидратации. В колбе Энглера из-за обводнения смеси происходили гидроудары, в т.ч. – разрушительные. Лишь после длительного прогрева выполняли разгонку образцов в соответствие с требованиями ГОСТ 2177-99 вариант Б.

Применили способ (технологию) **КГ** к высоковязкой, малосернистой, **обводненной** нефти на новой лабораторной установке "Поток -7М". Пробы поместили в мерные емкости (8 проб по 0,5 л) нефти, извлеченные из выхода реактора при разных технологических режимах. Затем провели разгонку исходной нефти и 8 проб в аппарате АРН-1М

Дважды произвели испытание технологии **КГ** в отличающихся между собою параметрами технологических режимах путем изменения уставок процесса обработки сырья в реакторе. Первый раз во время презентации – в конце июля (18 - 20) с.г., а второй раз – недавно (23.10.2017). Работу производили в дневное время в непрерывном режиме. Все испытание установки и отбор проб продолжался быстро, примерно – 25 минут. Изменения режимов производили с помощью приборов, установленных на пульте оператора. Время перенастройки режимов длилось несколько минут. Перенастройку режимов производили вручную, в соответствие с подготовленным планом эксперимента. Затем промыли гидравлическую систему установки растворителями и просушили газом.

Отметим, что здесь, в основном, представлено описание второго случая экспериментальных работ при более «тонкой» настройке элементов и подсистем установки. Приведено описание испытания работоспособности

установки. В процессе этих испытаний установка работала стабильно, без срывов и нарушений. В штатном режиме ее эксплуатации. Недостатки монтажа и нарушение работоспособности – отсутствовали.

Анализ исходной (необработанной) нефти показал, что она состоит из дистиллятов всего на 6,5%, при ее нагреве до температуры 300°C. Они начинают кипеть при температуре 234°C, а завершают кипение при 360°C. В паспорте нефти указано, что дистиллятов выкипает всего – 23 %, но, вдумайтесь, лишь при достижении температуры в 360°C! В нашем контрольном приборе АРН-1М. нет возможности нагреть образец нефти до такой температуры. Это подтверждает «Отчет испытания» нефти, проведенный лабораторией «Сэйболт Инспекшн Сервисез Казахстан» от 14.11.2014. Дополнительный нагрев нефти в колбе Энглера всего на 60°C обеспечил дополнительный выход дистиллятов на 16,5% и достиг уровня 23,0%. Проводя разгонку обработанной нефти, мы не достигали такой температуры из-за ограниченных возможностей нашей АРН-1М. В этом кроется разгадка низкого выхода дистиллятов из исходной нефти на нашем аппарате.

В результате **КГ**- обработки исходной нефти она приобрела совершенно иные свойства. Нефть удалось преобразовать в смесь углеводородов, которая содержит большее количество и более широкий диапазон топливных дистиллятов. Кипение нефти начало происходить при более низких температурах. В первом эксперименте начали выкипать нафтенно-бензиновые фракции в интервале (73-170) °С, а во втором эксперименте, они начинают кипеть в более узком интервале температур (69 – 79,8) °С (нафтены- растворители).

Графической иллюстрацией результатов проведения эксперимента есть следующий рис.2.



Рис.2. Кривые разгонок нефти месторождения Жангурши. Рисунок включает 9 кривых разгонок нефти, обработанной способом **КГ** (насыщения сырья атомарным водородом) на лабораторной установке «Поток 7М». Эксперимент проведен 18 – 20 июля 2017 г.

Отобразим данные разгонок, представленных на рис. 2. в виде следующей таблицы. При этом упорядочим строки таблицы по убыванию содержания дистиллятов. Самое высокое значение объема выхода дистиллятов проявилось при режимах образца №7. Все последующие образцы эффективны и соответствуют режимам при которых происходит реструктуризация исходного сырья и происходит рост дополнительных дистиллятов.

Табл.1

№ пробы	Т н.к. °С	235°С	240°С	250°С	260°С	270°С	280°С	290°С	300°С	Т к.к.	Σ, %	Δ
7	80-83	4,3	4,6	5,2	5,6	6,6	7	7,3	8,4	311,2	24,5	18
3	107-155	4,9	4,95	5,9	5,95	6,1	16	16,6		288,6	21	14,5
2	115 - 170	3,4	3,6	3,7	3,7	4,5	7,5	10,3		285,2	18	11,5
5	88-98,6	6,1	6,2	6,45	7,7	7,9				275,8	17,4	10,9
1	97,3-130	9,1	9,1	9,15	9,8	11,2	14,2			278,7	14,2	7,7
6	72,1-74,1	5,7	8	10	11,45					268,8	12,5	6
8	77-79	4,35	4,4	4,45	4,6	9,1	9,2	9,5	9,55	290,4	12,5	6
4	96-105	3,8	4,1	9,6						247,5	9,6	3,5
Исх. нефть	230	0,4	1,1	1,15	1,25	1,35	3,4	4,7	6,5	298,3	6,5	0

Проанализируем данную таблицу.

1. Клетки в табл. 2, окрашенные в голубой цвет, соответствуют прекращению процесса образования дистиллятов в образцах обработанной нефти. Это касается образцов №№3, 2, 5, 1, 6 и 4.
2. Таблица, также, как и последующая, построена на результатах разгонок образцов, отобранным в первом эксперименте. Здесь температуры начала и конца кипения образцов обозначены как: $T_{н.к.}$, $T_{к.к.}$, Σ - суммарный выход дистиллятов из образца и Δ - прирост дистиллятов за счет применения новой технологии обработки нефти. Причем формула $\Delta = \Sigma - 6,5$. (где 6,5 – значение выхода дистиллятов из исходной нефти при 300°C) отражает смысл коэффициента реструктуризации.
3. В последнем столбце данной таблицы приведены значения Δ . После верификации строк таблицы по убыванию можно указать последовательность номеров проб, для которых происходил рост объемов сырья, превращенного в дополнительные дистилляты. Это №№4, 8, 6, 1, 5, 2, 3, 7. Для этой последовательности характерными являются и возрастающие температуры конца кипения дистиллятов. Из этого можно сделать предположение о зависимости между $T_{к.к.}$ и Δ . Эту предполагаемую зависимость можно представить следующим рис. 3.
4. Образцы №№ 4, 8, 6, 1, 5, 2, 3, 7 отображают рост объема дополнительных дистиллятов, так и тенденцию увеличения коэффициента реструктуризации. Вследствие неправильного выбора параметров процесса происходит двойные корреляции уменьшения объема дополнительных фракций, и уменьшения температур выкипания этих дистиллятов.
5. Последовательность №№ 7, 3, 2, 5, 1, 6, 8, 4, номеров образцов показывают тенденцию уменьшения коэффициента реструктуризации нефти из-за подобранных вторых технологических режимов. Поэтому следующие возможные эксперименты с нефтью Жангурши требуют значительно большего количества правильно выбранных режимов. Эффективным помощником в этом выборе становятся методы планирования оптимальных экспериментов и другие эффективные способы корреляции коэффициента реструктуризации и иных характеристик процесса.

Аналогичные рассуждения можно применить для анализа результатов разгонок при **втором** эксперименте выяснения возможностей реструктуризации нефти Жангурши при изменении технологических режимов. Вначале приведем график с кривыми разгонки 8 образцов обработанной нефти и исходной нефти.

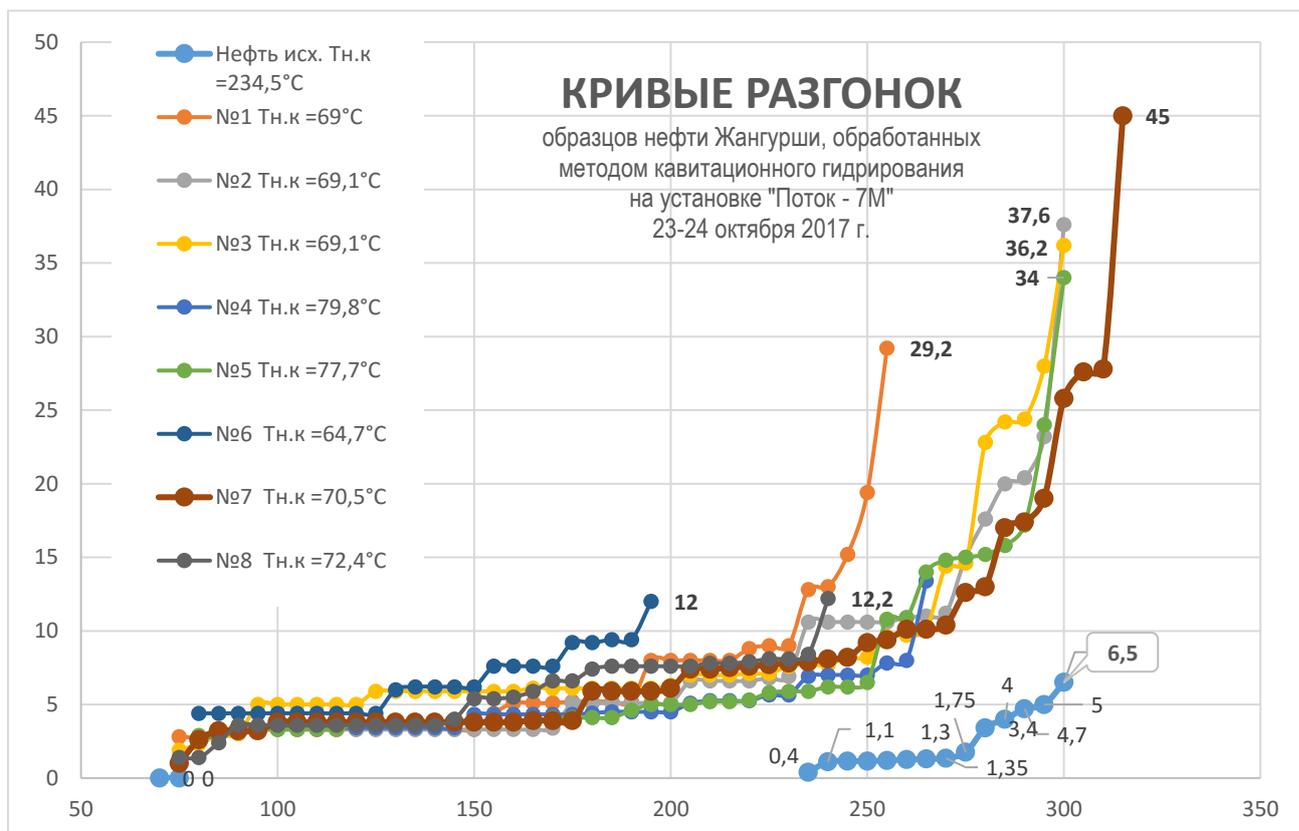


Рис.4. Кривые разгонки нефти месторождения Жангурши. Рисунок включает 9 кривых разгонок нефти месторождения Жангурши, на лабораторной установке «Поток 7М». Эксперимент проведен 23 – 24 октября 2017 г. Исходная нефть обработана способом КГ.

Отметим некоторые особенности технологии, сопровождающие повторный эксперимент. Для этого построим табл. 2, заполненную данными разгонок соответствующих образцов. Упорядочим строки таблицы по убыванию содержания дистиллятов.

№ пробы	Т н.к. °С	235°С	240°С	250°С	260°С	270°С	280°С	290°С	300°С	Т к.к.	Σ, %	Δ
7	70,5	3,95	4,05	4,6	5,05	5,2	6,5	8,7	12,9	310	45,0	38,5
2	69,1	5,3	5,35	5,4	5,45	5,6	8,8	10,2	12,9	301,5	37,6	31,1
3	68,0	3,85	3,9	4,15	4,85	7,2	11,4	12,2	19,2	302,2	36,2	29,7
5	77,7	3,0	3,1	3,25	5,45	7,4	7,6	8,6	12,0	298,8	34,0	27,5
1	69,0	6,4	6,5	9,7	--	-	-	-	-	251,9	29,2	22,7
4	79,8	4,15	4,2	4,45	4,8	-	-	-	-	262,5	13,4	6,9
8	72,4	4,2	-	-	-	-	-	-	-	237,5	12,2	5,7
6	64,7	-	-	-	-	-	-	-	-	190,2	12,0	5,5
Исх. нефть	230	0,4	1,1	1,15	1,25	1,35	3,4	4,7	6,5	298,3	6,5	0

- Клетки табл. 2, закрашенные голубым цветом, соответствуют отсутствию кипения образцов обработанной нефти в показанном диапазоне температур. Это касается образцов №№1,4,8 и 6.
- Таблица соответствует результатам разгонок образцов, отобранным во втором эксперименте. Здесь обозначены: Т н.к., Т к.к. – температуры начала и конца кипения образцов, Σ - суммарный выход дистиллятов из образца и Δ - прирост дистиллятов за счет применения новой технологии обработки нефти. Причем $\Delta = \Sigma - 6,5$. (6,5 – выход дистиллятов из исходной нефти при 300°С).
- Образцы №№ 7,2,3 и 5 отображают максимальное достижение объема дополнительных дистиллятов, так и тенденцию уменьшения коэффициента реструктуризации. Вследствие неправильного выбора параметров процесса происходит двойные корреляции как уменьшения объема дополнительных фракций, так и уменьшения температуры выкипания этих дистиллятов.
- Образцы №№1,4,8 и 6 показывают тенденцию критического уменьшения коэффициента реструктуризации нефти из-за неправильно подобранных технологических режимов.
- Обращает на себя внимание образец №6. Выкипание произошло почти в двойном объеме, а температура начала кипения среди всех образцов самая низкая – 64,7°С, температура конца кипения 190,2°С. Дополнительные дистилляты представляли собой нефтеновые и бензиновые фракции почти равных объемов, а лигроиновых – нет. Удивительное сочетание параметров режимов дает заметные результаты.

Во всех образовавшихся дистиллятах происходит возникновение как бензиновых фракций в объеме от 8 до 14%, так и дизтоплив. Они идентифицированы по температурам кипения как: бензино - керосино – газойлевые, в объемах от 12 до 45%. Это означает, что кавитационное гидрирование позволило "создать" в составе сырья часть объема в виде бензиново-керосино-дизтопливных фракций.

Причем, все, без исключений, эксперименты дали положительные результаты. Получили беспрецедентные данные влияния атомарного водорода на указанную нефть. Максимальные значения содержания топливных дистиллятов составляли: 21% (ряд №3 в эксперименте №1) и 45% (ряд №7 во втором эксперименте). Это – необычные результаты, которые во много раз превышают все известные мировые достижения в данной области технологий нефтепереработки. Следовательно, в первом эксперименте нам удалось увеличить содержание дистиллятов в 3,23 раза, а во втором – в 6,92 раза. Аналогичный результат мы наблюдали ранее, экспериментируя с мазутом М100, из одного из Полтавских мини НПЗ на установке «Поток-6» [5]. Тогда нам удалось получить рекордное преобразование мазута в дизельное топливо. Феномен произошел, получили 41,3%, вместо, обычных, 5,6%. К таким-же выводам приводит нас следующая диаграмма (рис.4), примененная к образцам нефти Жангурши.



Рис.4. Диаграмма сравнения объемов извлеченных дистиллятов из 9 образцов нефти месторождения Жангурши в зависимости от температуры кипения дистиллятов.

Анализ таблиц и очевидные выводы не нуждаются в углубленном совершенстве и исчерпывающей дополнительной информации. Анализ рассматриваемого эффекта не следует воспринимать как истину в последней стадии. Следует более пристально смотреть на него и запоминать. Но не игнорировать то, что произошло с представленной нефтью. Учитывать, что обсуждаемое явление не вписывается в рамки традиционной нефтепереработки. Это – нечто другое.

Выводы

- A. Эксперименты показали эффективность реструктуризации высоковязкой нефти Жангурши. Ее свойства радикально изменились в сторону легких топливных дистиллятов. Вместо имеющихся 6,5% (до 23%) дизтоплив получили более 45% углеводородов товарных продуктов (нафто-бензино-керосино-дизтоплив).
- B. Технология проверена не только для описываемой здесь нефти, с плотностью в 22°API, но и для более тяжелых смесей, таких как мазут, с плотностью 12°API и легких нефтей с более высокой в °API плотностью. Кроме установки «Поток-7М» прошли испытание другие установки серии «Поток». Во всех случаях коэффициент реструктуризации сырья удавалось наращивать. В данном случае он достиг значений в первом эксперименте 3,23 раза, а во втором – в 6,92 раза. Технология готова к использованию на мелких и на крупных добывающих предприятиях и перегонных заводах.
- C. Технологические режимы адаптированы и настраиваются под решение разнообразных производственных задач.
- D. Простота и дешевизна оборудования для реализации технологии на производствах делает ее привлекательной.

Следует отметить, что, представленные здесь достижения – непревзойденные! Ни одна компания в мире не может похвастаться сейчас такими результатами. Эффективность проведенных преобразований сырья можно критиковать, подвергать сомнениям по причинам использования малых объемов сырья для проведения экспериментов, так и использования малых емкостей для сбора продукта переработки и др. Но я уверен, что технологические неудобства легко устранимы при проведении опытно-промышленных экспериментов.

Кроме материала, изложенного в статье, хочется добавить некоторые общие замечания и мажорные реляции. Убежден, что из-за незавершенной исследовательской, экспериментальной работы возникает необходимость проведения дополнительных исследований для структурной и параметрической идентификации статистических моделей процесса. На их основе следует разрабатывать системы автоматизированного управления процессами в реакторе. модели можно детализировать. Известно, что общие модели динамических процессов в реакторе – инерционные. Как правило, их представляют в виде систем интегро-дифференциальных уравнений с системой замыкающих соотношений, начальными и граничными условиями. Эти модели имеют сложную динамику фазовых переменных, вызванную термодинамическими переходами состояния (парожидкостного состояния). Не полно изучена динамика детерминированных моделей генерирования атомарного водорода и его взаимодействия с углеводородами в мультипузырьковой кавитационной зоне. Существуют сложности с организацией таких работ. Поэтому, пока, следует рассчитывать, на статистику.

Следует расширять возможности применения технологии за счет балансирования химсостава веществ, применяемых для технологии. Содержание разнообразных веществ в выходном продукте можно наращивать не только поиском оптимальных параметров технологических режимов, но и поиском всевозможных добавок. Для оптимизации волновых характеристик кавитационных процессов в реакторе, следует выбирать и моделировать более разнообразные активные элементы, возбуждения кавитационных процессов в полости реактора. Для этого нужно проводить многочисленные эксперименты, изменяя элементы конструкций, режимы, а средств на это, на данный момент – нет. Поэтому будем продолжать поиск Заказчиков – Партнеров и решать указанные проблемы развития технологии.

Интересно отметить живой интерес, проявленный к новой технологии менеджерами – мошенниками одного из предприятий нефтегазового комплекса дружественной восточной республики. Привлекла новизна, но в основном, результативность метода.хлопоты по доставке сырья, использование для презентации крохотных чужих средств и обсуждение увиденного спровоцировали естественную интригу. Неоднозначность проведения общепринятых анализов и волонтаризм в их трактовке усугубил интригу. Мы поняли, что они были «предвзятыми», когда начали лгать об очевидных результатах. Понятно, что фальсификация показателей реструктуризации нефти не принесет им успешного бизнеса в области нефтепереработки. В этой связи новаторам пришлось, игнорируя критику, повторить эксперимент и получить более интересные результаты реструктуризации нефти. Проверка анализов продуктов переработки в независимой лаборатории исключила все сомнения в ее результативности. Понятно, что задержки в ее использовании болезненно скажутся на экономике развивающихся добывающих и перерабатывающих организаций в разных странах.

Благодарности

Получение невероятно высоких результатов реструктуризации нефти Жангурши состоялось при постоянной и эпизодической помощи моих близких, друзей, коллег, инвесторов, моих помощников и учеников. Я глубоко благодарен этим открытым людям. Изнурительная, полная надежд, работа приносит свои человеческие радости. Приятно, что приходится описывать не технологические и другие проблемы, а бодрящие дух практические факты.

Я счастлив такими достижениями и восхищен моими помощниками, коллегами и друзьями!

Искренне, по-человечески, благодарен им за помощь и за глубокое понимание обстоятельств решения проблемы.

Литература

1. *Новые нефти Казахстана* и их использование. Нефти Мангышлака. – Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1981. 238с.
2. *Дриацкая З.В., Ходжаев Г.Х.* /Нефти СССР. Справочник в четырех томах. IV том, М., 1974г., с.198-302
3. *Варшавер Е.М., Вассерман Л.К.* Производство парафина и масел из мангышлакской нефти. Аналитический и сопоставительный обзор, Сер. «Переработка нефти», ЦНИИТЭнефтехим, М., 1971.
4. <http://zakupki.kz/tender/22217245/> (2015). «Анализ разработки месторождения Жангурши» по состоянию на 01.09.2015 г.».
5. *Войтович А.В.* (2016). Реструктуризация углеводородов. Винахідник і раціоналізатор. №3, с. 22-27, №4, с. 28-32. (<http://oil-institute.com/pub/oil-institute.com-RESTRUCTURING%20OF%20HYDROCARBONS%2031-08-2016.pdf>).
6. Пат. UA 41576 А, *Прибышин В.І.* Пристрій для ультразвукової обробки органічних сполук і система для здійснення крекінгу органічних сполук. 17.09.2001.
7. Пат. РФ 2151165 *Камалов Р.Н., Прибышин В.И.* и др. Способ крекинга органических соединений в жидкой и газообразной фазах и установка для его осуществления. 20.06.2000.
8. *Яковлев В. А., Заварухин С.Г., Кузавов В.Т., Малых Н.В., Мальцев Л.И., Пармон В.Н.* Исследование химических превращений органических соединений при кавитационном воздействии. *Химическая физика*, (2010), том 29, № 3, с. 43–51.
9. *Бахтин Б.И., Десятов А.В., Корба О.И., Кубышкин А.П., Скороходов А.С.* Низкотемпературный крекинг углеводородов в кавитационных ультразвуковых полях. Мир нефтепродуктов, №6, (2009), с. 14 – 18.
10. *Бахтин Б.И., Десятов А.В., Корба О.И., Кубышкин А.П., Скороходов А.С.* Низкотемпературный крекинг углеводородов в кавитационных ультразвуковых полях. Мир нефтепродуктов, №7 – 8, (2009), с. 52 – 58.
11. *Fomitchev-Zamilov, M.I.* (2014). Fluid Hammers, Hydrodynamic Sirens, Stream Reactors, Implementation of Same, and Methods for Treatment of Fluids, PCT Application #13/869,017.
12. *Fomitchev-Zamilov, M.I.* (2013). Hydrodynamic Siren Theory, (2013), <http://www.quantumvortex.com/Hydrodynamic%20Siren%20Theory.pdf>.

Войтович А.В.
академик УАН
ноябрь 2017 г.

