

Представлены способ воздействия на нефть и нефтепродукты комплексом физических полей и устройство, реализующее этот способ. Проведенные исследования показывают, что виброструйная магнитная активация нефти изменяет ее фракционный состав, температуру застывания и начала кипения, увеличивает выход «светлых» фракций до 20 %. Увеличение объема конденсата напрямую зависит от количества энергии физических полей, переданной нефти, а удельная энергоемкость процесса – от физико-химических свойств и группового состава нефти.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИБРОСТРУЙНОЙ МАГНИТНОЙ АКТИВАЦИИ (ВСМА) НА ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ НЕФТИ

С.В. РИККОНИН
В.А. ДАНЕКЕР
А.И. ТЕПЛОВ

доцент, к.т.н.

старший научный сотрудник к.т.н.
к.т.н.

г. Томск

В настоящее время интенсифицировались научные разработки с применением нетрадиционных методов активации нефти, нефтяных остатков и донных отложений. Любое изменение реологических и физико-химических свойств нефтяных дисперсных систем (НДС) сопровождается сообщением в систему энергии посредством теплового, механического, электронного, электромагнитного, акустического, кавитационного, радиационного, химического воздействия. Эволюция структурного и химического состояний, устойчивости НДС зависит от вида воздействия, устройства, посредством которого передается энергия среде, от времени передачи и количества сообщенной среде энергии.

Сегодня из многочисленных способов изменения реологических свойств НДС находит широкое применение такой вид комплексного физического воздействия, как метод виброструйной магнитной активации (ВСМА). ВСМА комплексно воздействует на среду: высокие сдвиговые скорости, акустическое поле, мощное магнитное поле, знакопеременное компрессионное воздействие. Такие виды физических воздействий создают условия для предельного уровня разрушения структуры молекулярных кристаллов парафиновых углеводородов и поддержания его на время, которое необходимо для массообменных процессов. Вибрационное воздействие с определенной энергией вследствие разрушения кристаллических структур может привести к сильному изменению структурно-вязкостных свойств нефти и даже изменить групповой и фракционный состав.

К настоящему времени достаточно глубоко изучена зависимость реологических свойств высокопарафинистых нефтей от вибрационных воздействий [1, 2, 3, 4]. Научно-исследовательские работы в области механики полимеров показали, что, варьируя интенсивность внешних механических воздействий, можно в широком диапазоне управлять реологическими свойствами структурированных систем. Этот фактор можно использовать при решении таких актуальных вопросов трубопроводного транспорта, как откачка высокопарафинистой нефти из нефтехранилищ, пуск нефтепроводов после длительных остановок и уменьшение парафинизации трубопроводов.

Колебательная система, состоящая из вибрирующего конфузора (активатора), упругих элементов и моторной части, погружена в среду, которая является объектом воздействия. Энергия, необходимая для поддержания устойчивых возвратно-колебательных движений активатора, передается в систему магнитным полем. Воздействие осуществляется на частоте собственных колебаний механической системы, зависящей в том числе и от механических свойств среды: плотности, вязкости, статического напряжения сдвига. Высокая эффективность данной технологии определяется интенсивным комплексным воздействием физических полей на среду и резонансным режимом работы системы даже при относительно невысоких значениях частоты воздействия ($f = 50$ Гц).

В процессе виброструйной обработки механическое воздействие разрушает надмолекулярную структуру среды

(нефти), а мощное импульсное электромагнитное поле сообщает ее частицам кинетическую и потенциальную энергию и переводит их в возбужденное метастабильное состояние. Высокая сдвиговая скорость протекания нефти через магнитный поток, высокие удельные магнитные параметры магнитные системы позволяют воздействовать на среду с высокими энергиями. Колебательная система (рис. 1) настраивается на резонансную частоту, равную промышленной частоте электрической сети, – 50 Гц.

Область механических, электромагнитных и акустических воздействий устройства на среду, образованная поверхностью моторной части и активатором, представлена на рисунке 1.

Данная область характеризуется следующим комплексом физических воздействий: знакопеременным давлением под активатором, сдвиговой скоростью, магнитным полем, акустическим полем.

Физическая картина процесса описывается следующими параметрами:

- электромагнитная сила притяжения рабочего органа F_m ;
- направленное движение частиц среды со скоростью $v(t)$;
- скорость движения среды при выходе из сопла активатора $V_c(t)$;
- знакопеременное давление в зоне активации $\Delta P(t)$;
- деформация среды со сдвиговой скоростью $\gamma(t)$;
- магнитный поток $\Phi(t)$ с индукцией в зазоре $B\delta(t)$, Тл;
- звуковое давление $P_0(t)$.

Эффективность технологии ВСМА проверялась на ряде объектов РФ в лабораторных и промышленных условиях.

ВИБРОСТРУЙНАЯ МАГНИТНАЯ АКТИВАЦИЯ СЫРОЙ НЕФТИ (НА НЕФТЕБАЗЕ ЖАТАЙ, Г. ЯКУТСК, ОАО «САХАГАЗПРОЕКТ»)

Исследования проводились на лабораторном виброструйном электромагнитном активаторе мощностью 30 Вт, объем нефтяной пробы – 0,5 литра, напряженность магнитного поля в зоне активации – $6 \cdot 10^6$ а/м, сдвиговая скорость затопленных турбулентных струй – $15 \cdot 10^3$ 1/с, ускорение рабочего органа – до 50 g, температура обработки – 20°C. ►

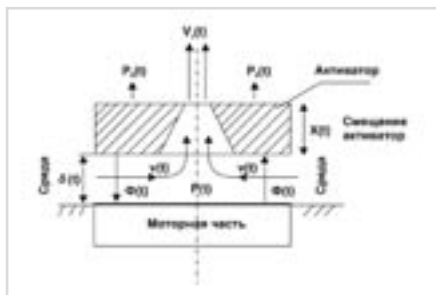


Рис. 1 Область воздействия физических полей на среду колебательной системы электромагнитного вибратора

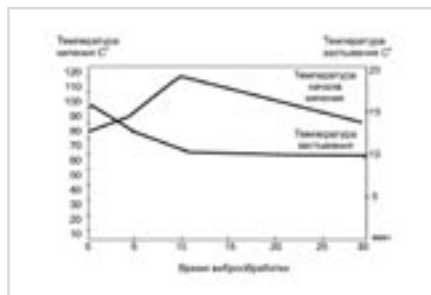


Рис. 2 Влияние времени виброобработки на температуру кипения и температуру застывания нефти нефтебазы Жатай

ВИБРОСТРУЙНАЯ ОБРАБОТКА МАЗУТА ПЕРЕД ТЕРМИЧЕСКИМ ИЛИ КАТАЛИТИЧЕСКИМ КРЕКИНГОМ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЫХОДА «СВЕТЛЫХ»

Предварительные исследования влияния виброструйной магнитной активации на нефтепродукты (товарный мазут Ачинского НПЗ) демонстрируют большие возможности повышения глубины переработки нефти достаточно простым и дешевым способом. После виброструйной обработки мазута при температуре 20°C обнаружены изменения значений температур начала кипения и вспышки. У обработанного мазута увеличился выход «светлых» в диапазоне температур до 300°C.

Исходный мазут:

- температура вспышки – 183°C;
- температура начала кипения – 197°C;
- выход «светлых» – 4 %.

Обработанный мазут:

- температура вспышки – 168°C;
- температура начала кипения – 118°C;
- выход «светлых» – 10 %.

Фракционный состав определялся посредством атмосферной разгонки мазута по истечении трех недель после виброструйной магнитной активации (время обработки – 8 мин). Затраты энергии на вибрационную обработку мазута составляли 1,0–1,5 кВт·ч/м³.

Представленный материал наглядно показывает, что технология ВСМА существенно изменяет температуру застывания и температуру кипения высоковязких нефтепродуктов. При виброструйной магнитной активации разнообразные высокомолекулярные соединения различного строения превращаются в нормальные низкокипящие и низкоплавкие парафины, которые могут служить базовыми фракциями для выработки бензинов и дизельного топлива.

В ИХН СО РАН, г. Томск, проведены экспериментальные исследования по выявлению влияния технологии ВСМА на фракционный состав нефти и кубового остатка Хвойного месторождения при разных временах виброструйной магнитной активации. Исполнители: канд. хим. наук И. В. Прозорова, канд. хим. наук Ю. В. Лоскутова.

Фракционный состав нефти и нефтяного остатка после виброструйной магнитной активации анализировался в сертифицированной аналитической лаборатории углеводородов нефти ИХН СО РАН, г. Томск (сертификат № РОСС RU.0001.510476) по методу Энглера (ГОСТ 2177-99). Исследования проводились на лабораторном виброструйном электромагнитном активаторе.

По результатам эксперимента наглядно видно, что с увеличением времени виброобработки стабильно увеличивается выход светлых фракций (особенно фракции солярного топлива). В рамках данного эксперимента наибольший прирост выхода светлых фракций наблюдался при проведении виброструйной магнитной активации 40 мин, удельная

энергоёмкость воздействия составила $0,144 \cdot 10^9$ Дж/м³, прирост выхода составил 20,6 %.

В технологическом процессе ректификации нефти практически ничего не изменяется, добавляется только емкость виброобработки.

ПИЛОТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВИБРОСТРУЙНОЙ МАГНИТНОЙ АКТИВАЦИИ НА ООО «АЛЕКСАНДРОВСКИЙ НПЗ» (НЕФТЬ ВАСЮГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ООО «НОРД-ИМПЕРИАЛ»)

Пилотные испытания проводились на емкости объемом 20 м³ по схеме, представленной на рисунке 4. В емкости разместились шесть вибраторов ВЭМА-0,3. Виброструйная магнитная активация осуществлялась в течение двух суток, периодически брались пробы нефти и в испытательной лаборатории исследовался фракционный состав. Результаты его анализов приведены в таблице 2.

Пилотные испытания на нефти Васюганского месторождения показывают:

- увеличение выхода при всех темпе-

ратурах отгона на 1–4,5 %;

- удельную энергоёмкость воздействия – $0,56 \cdot 10^9$ Дж/м³.

Для данной нефти невысокое увеличение выхода «светлых» объясняется малым количеством энергии, затраченной на ее активацию. График, представленный на рисунке 5, наглядно показывает, что количество образованного конденсата линейно зависит от энергии, сообщенной нефти. С увеличением времени обработки или количества вибраторов количество энергии, сообщенной нефти, увеличивается; следовательно, увеличивается и объем конденсата.

Выводы

1. В устройстве, которое реализует технологию ВСМА, до 80 % энергии, переданной колебательной системе от магнитной системы, тратится на разрушение надмолекулярной структуры среды, нагрев и изменение свойств среды.
2. Проведенные исследования показывают, что виброструйная магнитная активация нефти ►

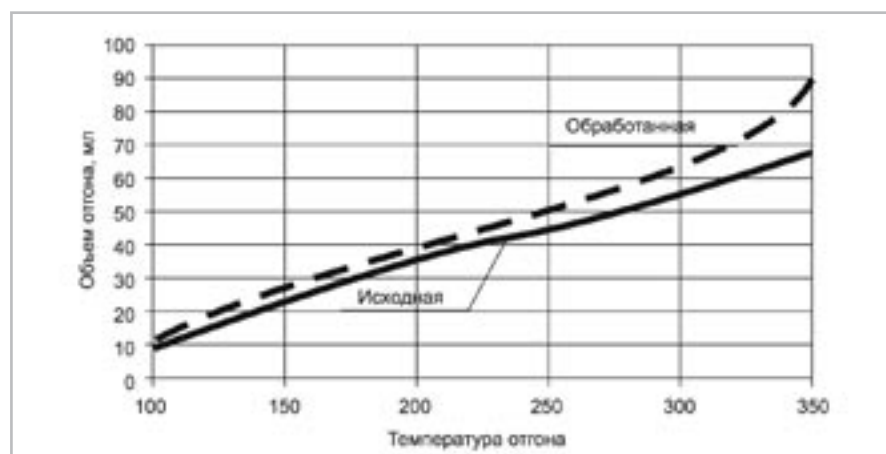


Рис. 3 Выход светлых нефтепродуктов при перегонке нефти

Температура отгона, °C	Режимы обработки нефти технологией ВСМА (время)			
	Исх. нефть	5 мин*	10 мин	40 мин
100	9,7	8,8	6,9	4,8
120	16,6	12,8	12,7	10,7
140	22,6	17,7	17,7	16,6
160	27,7	22,7	21,8	22,6
180	31,7	26,7	25,7	26,7
200	35,7	30,7	29,7	31,7
220	39,7	33,8	33,3	34,8
240	43,7	36,8	36,7	38,7
260	47,7	40,7	41,6	44,5
273	51,7	45,6	45,7	49,6
300	55,7	50,6	49,7	54,6
320	60,6	54,7	55,5	59,6
340	65,6	62,3	71,5	74,6
350	68,5	77,8	79,6	89,1
Температура начала кипения, °C	60	42	50	65

Табл. 1 Фракционный состав нефти Хвойного месторождения при разных временах виброобработки

- изменяет ее фракционный состав, изменяется температура застывания и начала кипения, увеличивается выход «светлых» до 20 % (экспериментальные исследования разгонки нефти Хвойного месторождения).
- Увеличение объема конденсата напрямую зависит от количества энергии физических полей, переданной нефти.
 - Удельная энергоемкость процесса зависит от физико-химических свойств и от группового состава нефти.
 - Энергоемкость всего процесса в значительной степени определяется способом передачи энергии от источника энергии физических полей в среду. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Гамеева О. С. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высшая школа, 1977. – 322 с.
- Островский Г. М. Прикладная механика сплошных сред. – СПб.: Наука, 2000. – 359 с.
- Мирзаджанзаде А. Х. и др. Теория и практика применения неравновесных систем в нефтедобыче. – Баку: Элм, 1985. – 220 с.
- Ткачев О. А., Тугунов П. И. Сокращение потерь нефти при транспорте и хранении. – М.: Недра, 1988 г. – 116 с.
- Бадиков Ф. И., Белянин Г. Н., Выговской В. П., Ха Ван Бик, Данекер В. А., Рикконен С. В. Исследование влияния комплексной виброструйной активации на реологические свойства нефти СП «Вьетсовпетро» // Сборник трудов ОАО «НПФ «Геофит» ВНК». – Изд-во Томского ун-та. 2000. – 161 с.
- Выговской В. П., Данекер В. А., Рикконен С. В., Теплов А. И. Энергетика гидромеханического разрушения структуры высокопарафинистых нефтей // Автоматизация и информационное обеспечение технологических процессов в нефтяной промышленности. Сб. статей / Под ред. А. К. Хорькова. – Томск: Изд-во

- Томского ун-та, 2002 – Т. 2. – 408 с.
- Рикконен С. В., Данекер В. А., Лоскутова Ю. В., Прозорова И. В., Юдина Н. В. Расчет энергетических параметров гидромеханического разрушения структуры нефтей // 3-я Всероссийская научно-практическая конференция «Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»: Мат. конф. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2004. – С. 235–237.
 - Рикконен С. В. Энергетика вязкого течения сплошных сред // Научно-технологическое развитие нефтегазового комплекса: Доклады IV Международных научных надировских чтений. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, Алматы – Томск, 2006. – 311 с.

- Гузев С. П., Данекер В. А., Рикконен С. В., Теплов А. И., Хорьков А. К. Виброструйный перемешиватель и разжижитель вязких жидкостей и суспензий. Патент № 2208474. Бюл. № 20. 2003.
- Гузев С. П., Данекер В. А., Рикконен С. В., Теплов А. И., Хорьков А. К. Способ вибрационной струйной магнитной декомпрессионной акустической активации растворов. Патент № 2203862. Бюл. № 13. 2003.
- Рикконен С. В., Данекер В. А. Метод виброструйной магнитной активации для подготовки нефти к трубопроводному транспорту // GazNefteProm. – Май 2008. – С. 40–44.

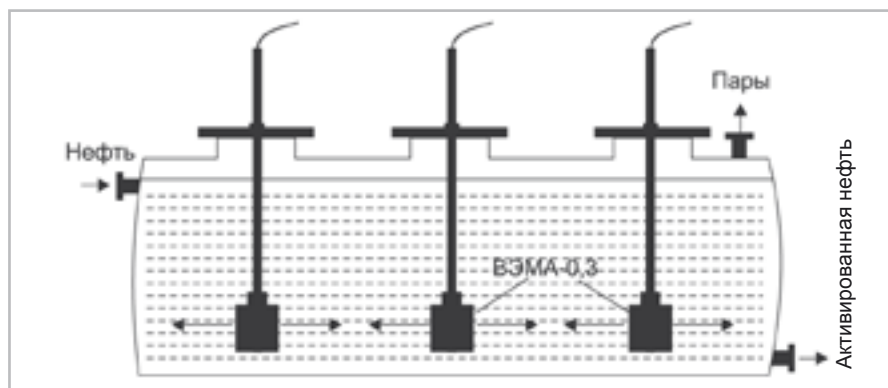


Рис. 4 Принципиальная схема технологического процесса активации нефти. Объем 20 м³

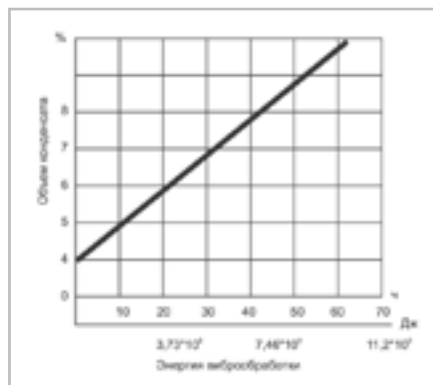


Рис. 5 Зависимость объема конденсата, полученного при 100°C, от времени виброобработки нефти шестью вибраторами ВЭМА-0,3

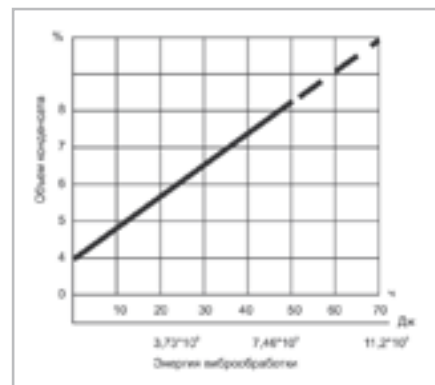


Рис. 6 Зависимость объема конденсата, полученного при 310°C, от времени виброобработки нефти шестью вибраторами ВЭМА-0,3

Дата и время проведения исследования	Плотность при 20°C, г/см ³	Т, °С Н.К.	Фракционный состав														
			Объем конденсата при t (°C), % / превышение выхода светлых, %														
			100	120	150	160	180	200	220	240	260	280	300	310	320	340	350
11.07.06 15:00	0,8475	76	4	10	18,5	20,5	26	29,7	33,5	38	42	46,5	51,5	54	56	61	67
12.07.06 9:00	0,846	69	7 3	11 1	19 0,5	21,5 1	26 0	30,5 0,8	34,5 1	38,5 0,5	43 1	47,5 1	52,5 1	55 1	57,5 1,5	–	67 0
12.07.06 15:00	0,8441	65	6,5 2,5	11 1	19,5 1	22 1,5	26,5 0,5	30,5 0,8	34,5 1	38,5 0,5	42,5 0,5	47,5 1	52,5 1	55 1	57,5 1,5	62 1	67 0
13.07.06 9:00	0,8447	65	8,5 4,5	12,5 2,5	21 2,5	23 2,5	27,5 1,5	31,5 1,8	36 2,5	39 1	44 2	48,5 2	53,5 2	56 2	58 2	–	68 1

Таб. 2 ООО «Александровский НПЗ», испытательная лаборатория нефтепродуктов (свидетельство об аттестации № 107 от 20.01.2006) Результаты исследования нефти из подготовительного резервуара. Нефть подготовлена с помощью технологии ВСМА (нефть Васюганского месторождения, ООО «Норд-империл»)