

ОТЧЕТ
«ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОЙ НЕФТИ И МИНЕРАЛЬНОЙ
НА СОВМЕСТИМОСТЬ»

Москва - 2013г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
1. Выбор и адаптация существующих методов исследования совместимости при смешении синтетической и минеральной нефтей с использованием СТО 11605031-034-2009 и ГОСТ Р 51858-2002.....	4
2. Методика приготовления смесей синтетической и минеральной нефтей и оценка физико-химической стабильности смесей при хранении.....	10
3. Определение физико-химической характеристики образцов исходных синтетической и минеральной нефтей.....	11
4. Приготовление и анализ смесей синтетической и минеральной нефтей.....	14
5. Хранение. Анализ полученных результатов и выводы.....	17
Заключение	26
Приложение 1.....	28
Приложение 2.....	29

ВВЕДЕНИЕ

Согласно формулировке пункта 5 Технического задания цель данного проекта состоит в оценке совместимости синтетической нефти с минеральной при смешении. Испытания на совместимость синтетической нефти с минеральной в РФ проводятся впервые. Из различных источников известно, что синтетические углеводороды (СЖУ) производят и, очевидно, применяют в нескольких странах мира (например, в ЮАР), но найти сведения относительно подробных характеристик СЖУ и условий применения не удалось.

Опасения по поводу смешения синтетических продуктов с природной нефтью вызваны следующими причинами. Нефть – это находящаяся в относительном равновесии сложная необратимая дисперсная система нескольких сотен углеводородов и гетероатомных соединений, включающая в себя истинные растворы, коллоидные растворы и взвеси, система, образовавшаяся совсем в других условиях (в пласте) за очень продолжительный период времени. Равновесие системы может быть нарушено не только изменением внешних воздействий (температуры, давления, электрический ток и пр.), но и введением небольших количеств веществ (например, депрессорных присадок). В данном проекте нам предложено ввести в минеральную нефть синтетический компонент в количестве от 2% до 50% и качественно и количественно оценить стабильность смесей и их поведение в течение 7 суток.

Образцы нефтей для испытаний получены от ООО "ИНФРА Технологии":

- синтетическая нефть INFRA - VDR2 – 9 литров;
- минеральная нефть – 10 литров.

В отчете представлены результаты комплексного исследования совместимости синтетической нефти с минеральной при смешении, а также результаты оценки физико-химической стабильности смесей после недельного хранения в стекле при температурах 5 °С и 20°С.

1. Выбор и адаптация существующих методов исследования совместимости при смешении синтетической и минеральной нефтей с использованием СТО 11605031-034-2009 и ГОСТ Р 51858-2002.

НТД на нефти и газовые конденсаты не содержат специальных методов оценки физико-химической стабильности сырья или его смесей. В данном исследовании под совместимостью и физико-химической стабильностью смесей синтетической и минеральной нефтей предлагается подразумевать способность нефтей образовывать однородные смеси в интервале концентраций синтетического компонента 2-50% массовых и способность смесей сохранять свои свойства, а также не расслаиваться и не образовывать осадка на дне и стенках стеклянной ёмкости в течение 7 суток при температурах хранения 20°C и 5°C.

Наиболее значимыми компонентами с точки зрения структурирования нефти являются

- асфальтены – твердые хрупкие вещества с молекулярной массой 1000-5000, плотностью более 1,0, присутствующие в нефти в виде коллоидных, а не идеальных растворов, склонные выпадать из нефти при добавлении легких углеводородных растворителей, на чём и основан метод их определения по ГОСТ 11858 и процесс деасфальтенизации нефтяных остатков.
- «твердые парафины» (ГОСТ 11851) – парафины и церезины с температурой плавления не менее 50 °С, образующие в нефти «решетчатые структуры», снижающие текучесть нефти.

Для оценки свойств смесей синтетической и минеральной нефтей рассмотрены наиболее существенные для специалистов показатели качества нефтей, присутствующие практически во всех стандартах на сырьё. Выбраны следующие показатели качества:

из ГОСТ 51858 « Нефть. Общие технические условия »: плотность, фракционный состав по ГОСТ 2177, содержание парафина (Приложение 1);

из СТО11605031 « Нефть и газовые конденсаты. Унифицированная программа исследования »: кинематическая вязкость, температура застывания и содержание асфальтенов и смол (силикагелевых).

Показатели качества нефтей.

Наименование ГОСТа	№ ГОСТа	Область применения	Точностные характеристики (воспроизводимость)
Методы определения плотности	3900	Метод применяется для определения плотности нефти и нефтепродуктов.	Два результата признаются достоверными, если расхождение между ними не превышает 0,001г/см ³
Метод определения кинематической и расчет динамической вязкости	33	Стандарт устанавливает метод определения кинематической вязкости стеклянным вискозиметром нефтепродуктов, жидких при температуре испытания, у которых напряжение сдвига пропорционально скорости деформации	Расхождение результатов двух определений, полученных в разных лабораториях не должно превышать 0,72% от среднего арифметического значения
Методы определения температуры застывания	20287	Определение температуры застывания по методу Б	Расхождение между двумя параллельными определениями не должно превышать 2°С
Метод определения фракционного состава	2177	Стандарт устанавливает метод Б для определения фракционного состава нефти и темных нефтепродуктов	Два результата определения признаются достоверными, если расхождения между ними не превышают: для НК – 7°С, 10%-отгона - 6°С, 50%отгона- 3°С, 90%-отгона- 7°С, для 96-98% отгона 10°С
Метод определения содержания асфальтово-смолистых веществ	11858	Стандарт распространяется на нефть, масла и жидкие темные нефтепродукты без присадок.	Допускаемые расхождения от величины меньшего результата 10-20% в зависимости от содержания асфальтенов и смол
Метод определения парафина	11851	Определение массовой доли парафина в нефти по методу А настоящего стандарта	Воспроизводимость результатов определения 68% от среднего арифметического.

Предварительные испытания применимости выбранных методов анализа для оценки свойств синтетической нефти и её смесей проводили на смеси 50/50, где в качестве минеральной нефти использована товарная нефть – сырьё Нижегородского НПЗ, хорошо изученная и близкая по свойствам (за исключением температуры застывания) к представительному образцу нефти 2013 года. В таблице 1.1 представлены результаты отработки интенсивности и продолжительности смешения компонентов для получения однородной смеси. Опыты показали, что для получения однородной смеси после перемешивания в течение 10 минут требуется некоторое время для достижения смесью полного равновесия. Обычно, для ускорения гомогенизации смеси применяют нагрев, но в данном случае такой приём был невозможен из-за опасности потери легколетучих компонентов синтетической и минеральной нефтей, поэтому вместо нагрева смесь выдерживали при комнатной температуре в течение ночи (14 часов). После выбора способа смешения, смесь была поставлена на хранение при температуре 20°C. Анализ придонной пробы проводили через трое, шесть и семь суток. Результаты испытаний (таблица 1.2) показали:

- наблюдается тенденция увеличения вязкости, плотности и содержания асфальтенов в придонной пробе;
- чувствительность выбранных методов анализа достаточна для оценки состояний смесей.

Следует отметить, что аддитивные свойства нефти, плотность, вязкость при 50°C и содержание асфальтенов сохраняют аддитивность и для смесей, то есть экспериментальные результаты определения близки к расчетным значениям. Неаддитивные свойства – температура застывания, вязкость при 20°C, «температура плавления парафина» в большей степени отличаются от исходных значений и тем самым свидетельствуют об изменении структуры смеси по сравнению со структурой минеральной нефти.

На основании предварительных испытаний и наблюдений была сформулирована единообразная процедура приготовления смесей, постановки и снятия их с хранения , а также оценки степени осадкообразования.

Таблица 1.1.

Изменение свойств смеси синтетической и минеральной нефтей в процессе приготовления.

Показатели	НЕФТИ		Смесь синтетической и минеральной нефтей в соотношении 50% на 50% масс. после 10-ти минутного перемешивания					ГОСТ
	Синтетическая	Минеральная	Начало анализа	Через один час	Через пять часов	через четырнадцать часов	максимально возможные расчётные значения *	
Плотность при 20 °С, кг/м ³	740,4	861,6	758,1	765,2	775,0	778,5	797,0	3900
Вязкость кинематическая при 20°С, мм ² /с	1,36	21,35	2,34	2,41	2,65	2,70	3,83	33
Вязкость кинематическая при 50°С, мм ² /с	0,91	8,10	1,45	1,51	1,58	1,62	2,15	33
Температура застывания, °С,	-17	-30	-24	-24	-25	-27	-22	20287

*) Без учёта содержания растворённого газа в нефти

Таблица 1.2.

Физико-химическая характеристика синтетической и минеральной нефтей и их смеси в соотношении 50/50.

Показатели	НЕФТИ		Смесь синтетической и минеральной нефтей в соотношении 50% на 50% масс.					ГОСТ
	Синтетическая	Минеральная	исходная	Придонная проба				
				Через трое суток	Через шесть суток	через семь суток	максимально возможные расчётные значения *	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плотность при 20 °С, кг/м ³	740,4	861,6	778,5	793,9	808,2	812,2	797,0	3900
Вязкость кинематическая при 20°С, мм ² /с	1,36	21,35	2,70	2,86	4,12	4,15	3,83	33
Вязкость кинематическая при 50°С, мм ² /с	0,91	8,10	1,62	1,69	2,30	2,38	2,15	33
Температура застывания, °С,	-17	-30	-27	-26	-18	-19	-22	20287
Содержание серы, общей %масс.	0,0008	1,35	-	-	-	-	-	P51947
Содержание, %: асфальтенов	0	1,82	0,88	1,10	1,10	1,09	0,91	11858
смола силикагелевых	0,2	11,3	5,0	-	-	4,9	5,5	11858
парафина с температурой плавления, °С	1,2 50	4,8 53	2,8 51	-	-	2,7 51	3,1 50	11851

Продолжение таблицы 1.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наличие осадка после хранения	-	-	-	-	-	чёрный налёт на дне и стенках	-	визуально
Фракционный состав: начало кипения, °С	69	53	58	-	-	-	61	2177
Выкипает, % об. до температуры:	1,5	3,0	2,5	-	-	-	2,5	
80°С								
100°С	6,5	5,5	5,5	-	-	-	6,0	
150°С	34,5	12,0	23,0	-	-	-	23,0	
200°С	60,0	20,5	39,0	-	-	-	40,2	
240°С	75,5	25,5	49,5	-	-	-	50,5	
300°С	89,0	37,0	65,0	-	-	-	63,0	
Конец кипения (336°С)	96,0	-	-	-	-	-	-	
350°С	-	48,0	69,0	-	-	-	70,0	

*) Без учёта содержания растворённого газа в нефти.

2. Методика приготовления смесей синтетической и минеральной нефтей и оценки физико-химической стабильности смесей при хранении.

Смесь готовят в количестве 1500 г в стеклянной емкости с механическим перемешиванием в течение 10 минут и последующим выстаиванием при комнатной температуре в течение 14 часов. После этого смесь снова интенсивно перемешивают в течение 5 минут и разливают по трём сосудам:

-пипеткой из середины отбирают 300 мл смеси в отдельную тару для немедленного определения исходных показателей качества смеси;

-по 600мл смеси заливают в два цилиндра и ставят на хранение при температурах 5°C и 20°C.

В качестве контрольной пробы на хранение в тех же условиях была поставлена проба минеральной нефти.

По прошествии 7 суток из каждого цилиндра отбирают пипеткой верхнюю пробу в количестве 200 мл, затем отбирают нижнюю (придонную) пробу в количестве 300 мл. Вначале анализируют придонную пробу. В том случае, если содержание асфальтенов в ней не превышает исходного значения, то в верхней пробе этот показатель не определяется. Цилиндр с остатками смеси переворачивают и ставят в стакан на ночь (14 часов).

Утром дно и стенки цилиндра осматривают в проходящем свете и описывают наблюдения. При наличии осадка или налёта в цилиндр наливают 50 мл толуола, растворяют осадок и сливают раствор в доведенный до постоянного веса стаканчик, который помещают на противень с нагретым до 105 °C песком для выпаривания растворителя. Стаканчик с осадком после выпаривания доводят до постоянного веса. Количество осадка взвешивают с точностью до четвертого знака. Результат определения количества осадка выражают в массовых процентах по отношению к количеству хранившейся смеси и округляют его до третьего знака после запятой.

3. Определение физико-химической характеристики образцов исходных синтетической и минеральной нефтей

В таблице 3.1 представлены физико-химические свойства исходных синтетической и минеральной нефтей, определенные выбранными стандартными методами анализа по показателям, перечисленным в п.1.2. Технического задания.

Таблица 3. 1.

Физико-химическая характеристика синтетической и минеральной нефтей.

Показатели	Нефти		ГОСТ
	Синтетическая	минеральная	
1	2	3	4
Плотность при 20°С, кг/м ³	740,4	869,5	3900
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	1,36	25,78	33
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм ² /с	0,91	9,58	33
Температура застывания, °С	-17	-10	20287
Содержание серы, % масс	0,0008	1,5	P51947
Содержание, % : асфальтенов	0	2,04	11858
смола силикагелевых	0,2	10,7	11858
парафина	1,2	4,0	11851
с температурой плавления, °С	50	56	
Фракционный состав:			2177
начало кипения, °С	69	49	
Выкипает, % об. до температуры:			
80°С	1,5	3,5	
100 °С	6,5	7,5	
150 °С	34,5	15,5	
200°С	60,0	23,5	

Продолжение таблицы 3.1.

1	2	3	4
240°С	75,5	30,0	
300°С	89,0	41,5	
Конец кипения (336°С)	96,0	-	
350°С	-	55,0	

По физико-химической характеристике образец синтетической нефти несколько отличается от образца, исследованного в 2011 году (Приложение 2). Минеральная нефть по свойствам близка к типичной товарной западносибирской (сернистой) нефти.

При анализе синтетической нефти была отмечена повышенная летучесть проб при взвешивании, что могло несколько снизить точность измерений. Заметная испаряемость образцов нефтей объясняется значительным содержанием в них (4,9 -5,5%) легких углеводородов до C₅ включительно (таблица 3.2).

Таблица 3.2.

Содержание и индивидуальный состав газов до C₄ и C₅, растворенных в синтетической и минеральной нефтях.

Синтетическая нефть					Минеральная нефть				
Углеводороды	до C ₄ , %		до C ₅ , %		Углеводороды	до C ₄ , %		до C ₅ , %	
	на нефть	на газ	на нефть	на газ		на нефть	на газ	на нефть	на газ
Метан	-	-	-	-	Метан	-	-	-	-
Этан	-	-	-	-	Этан	0,07	2,62	0,07	1,35
Пропан	0,03	4,02	0,03	0,66	Пропан	0,89	31,35	0,89	16,17
Изобутан	0,27	33,46	0,27	5,50	Изобутан	0,46	16,26	0,46	8,39
Н-бутан	0,51	62,53	0,51	10,28	Н-бутан	1,42	49,76	1,42	25,67
Изопентан	-	-	1,82	37,02	Изопентан	-	-	1,11	20,11
Н-пентан	-	-	2,29	46,54	Н-пентан	-	-	1,55	28,30
Итого:	0,81	100,00	4,92	100,00	Итого:	2,84	100,00	5,50	100,00

4. Приготовление и анализ смесей синтетической и минеральной нефтей.

Согласно процедуре, описанной в «методике» приготовлены смеси минеральной нефти с содержанием синтетической нефти 2%, 7%, 15%, 25% и 50%. Физико-химические свойства смесей определены по всем выбранным показателям качества и представлены в таблице 4.1. С увеличением концентрации синтетической нефти изменение свойств (за исключением температуры застывания) происходило монотонно, без скачков. Базовые свойства смесей - плотность, кинематическая вязкость при 50°C, содержание асфальтенов, смол и парафина, а также фракционный состав были близки к расчётным значениям. Наблюдалось аномальное поведение температуры застывания смесей: нарастание содержания синтетического компонента в смеси очень мало изменяло её температуру застывания, которая, как ни странно, была близка к температуре застывания минеральной нефти. Этот факт свидетельствует о заметном влиянии синтетического компонента на структурирование нефти, в связи с чем, поведение «температуры застывания» смесей не поддаётся прогнозированию. Следует также отметить, что кинематическая вязкость при 20°C в большей степени отличается от расчётных величин, чем вязкость при 50°C, что, по всей вероятности, также связано с изменением структуры смеси. Кроме того, во всех смесях, т.е. в присутствии синтетического компонента, наблюдается снижение температуры плавления парафина (при его определении по ГОСТ 11851) по сравнению с температурой плавления парафина, выделенного из исходной минеральной нефти.

Таблица 4.1 .

Физико-химическая характеристика синтетической и минеральной нефтей и их смесей в разных соотношениях.

Показатели	НЕФТИ		Смесь синтетической и минеральной нефтей в соотношении:					ГОСТ
	Синтетическая	Минеральная	2/98	7/93	15/85	25/75	50/50	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плотность при 20 °С, кг/м ³	740,4	869,5	868,3	860,1	847,8	830,9	799,9	3900
Вязкость кинематическая при 20°С, мм ² /с	1,36	25,78	22,94	19,75	13,22	8,87	4,09	33
Вязкость кинематическая при 50°С, мм ² /с	0,91	9,58	8,75	7,80	5,73	4,21	2,20	33
Температура застывания, °С,	-17	-10	-10	-10	-11	-11	-11	20287
Содержание серы, общей % масс.	0,0008	1,5						P51947
Содержание, %: асфальтенов	0	2,04	2,00	1,89	1,73	1,53	1,00	11858
смола силикагелевых	0,2	10,7	10,5	9,9	9,1	8,12	5,28	11858
парафина	1,2	4,0	4,0	3,9	3,6	3,3	2,8	11851
с температурой плавления, °С	50	56	54	53	54	53	54	

Продолжение таблицы 4.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фракционный состав: Начало кипения, °С	69	49	50	49	55	56	56	2177
Выкипает, % об. до температуры: 80°С	1,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,0	2,5	
100 °С	6,5	7,5	7,5	7,5	6,5	7,0	7,0	
150°С	34,5	15,5	15,5	17,5	18,5	25,0	27,0	
200°С	60,0	23,5	24,0	27,0	28,5	37,5	43,5	
240°С	75,5	30,0	30,0	35,0	37,0	44,0	54,5	
300°С	89,0	41,5	42,0	47,0	49,0	58,5	67,5	
Конец кипения (336°С)	96	-	-	-	-	-	-	
350°С	-	55,0	55,0	64,0	67,0	72,5	77,0	

5. Хранение. Анализ полученных результатов и выводы.

В таблицах 5.1 – 5.7 даны результаты анализа пяти смесей синтетической и минеральной нефтей, а также минеральной нефти (контрольный опыт) после хранения при 5°C и 20°C.

Целью данного этапа работы являлось получение необходимых исходных данных для оценки расслаиваемости смесей синтетической и минеральной нефтей, а также для оценки возможного образования осадка при краткосрочном хранении смесей при положительных температурах. Рассмотрение экспериментальных результатов анализа смесей разного состава до и после хранения позволило сделать необходимые промежуточные выводы.

- Для всех образцов, включая контрольный, после хранения наблюдается некоторое «утяжеление» придонного слоя при одновременном «облегчении» верхнего слоя по сравнению с показателями качества исходной смеси.
- Для всех образцов отмечается большая стабильность смесей при хранении при температуре 5°C, чем при температуре 20°C. Однако различия значений плотности и вязкости придонного и верхнего слоёв до и после хранения при разных температурах малы и практически находятся в допустимых пределах воспроизводимости.
- Результаты прямого определения асфальтенов по слоям пробы после хранения (при 20°C) показали, что только для придонной пробы смеси 50/50 (таблица 5. 6) содержание асфальтенов превышает допустимую величину расхождений. То же самое наблюдалось и в предварительных опытах (таблица 1.2.).
- Содержание парафина и смол в придонной пробе количественно практически не изменялось при хранении, но температура плавления парафина, выделенного в процессе его определения по ГОСТ 11851 после хранения также была ниже на 2-4°C, чем в исходной минеральной нефти.
- Фракционный состав образцов смесей после хранения, как и ожидалось, не изменился (таблица 5.7).

- Наблюдение за образованием осадка (или налета) на дне и стенках емкостей после хранения исходной минеральной нефти (контрольный опыт) и смесей разного состава позволило оценить и обосновать выбор допустимого содержания синтетического компонента в смесях с минеральной нефтью . В ёмкостях, после хранения исходной минеральной нефти, смеси 2/98 и 7/93 не наблюдалось образования налета или осадка, различимого невооруженным глазом в проходящем свете. В ёмкости, после хранения смеси 15/85 и 25/75 был зафиксирован лёгкий тёмный налёт на дне и стенках частично или по всей границе раздела фаз. В ёмкости, после хранения смеси 50/50 отмечено наличие более плотного тёмного налёта на дне и стенках ёмкости с чёткой линией по границе раздела фаз. Для смесей 15/85, 25/75 и 50/50 было определено количество осадка в ёмкости после хранения по процедуре, указанной в «Методике» (таблицы 5.4 и 5.5). Как и следовало ожидать, максимальное количество осадка зафиксировано в ёмкости после хранения смеси 50/50 (таблица 5.6.). Теоретически осадок может содержать не только асфальтены, но и смолы, карбены, карбоиды и механические примеси. В данном случае прямое определение асфальтенов в осадке по ГОСТ 11858 выполнить не удалось из-за малого количества осадка.

Таблица 5.1.

Результаты анализа минеральной нефти до и после хранения (контрольный образец).

Показатели	НЕФТИ					ГОСТ
	исходная	После хранения при температуре 20°C		После хранения при температуре 5°C		
		придонная	верхняя	придонная	верхняя	
Плотность при 20 °С, кг/м ³	869,5	872,6	865,3	870,0	869,1	3900
Вязкость кинематическая при 20°C, мм ² /с	25,78	25,90	25,58	25,89	25,81	33
Вязкость кинематическая при 50°C, мм ² /с	9,58	9,61	9,49	9,62	9,59	33
Температура застывания, °С,	-10	-4*	-5*	-6*	-5*	20287
Содержание, %: асфальтенов	2,04	2,05	2,03	2,00	2,04	11858
смола силикагелевых	10,7	10,6	-	10,6	-	11858
парафина	4,0	-	-	4,0	-	11851
с температурой плавления, °С	56			56		
Наличие осадка после хранения	--	нет	-	нет	-	визуально

*) Температура застывания без термообработки

Таблица 5.2.

Результаты анализа смеси синтетической и минеральной нефтей в соотношении 2/98 до и после хранения.

Показатели	Смесь синтетической и минеральной нефтей					ГОСТ
	исходная	После хранения при температуре 20°С		После хранения при температуре 5°С		
		придонная	верхняя	придонная	верхняя	
Плотность при 20 °С, кг/м ³	868,3	869,2	866,8	868,5	866,8	3900
Вязкость кинематическая при 20°С, мм ² /с	22,94	23,01	22,89	23,02	22,99	33
Вязкость кинематическая при 50°С, мм ² /с	8,75	8,80	8,77	8,79	8,81	33
Температура застывания, °С,	-10	-7*	-7*	-5*	-6*	20287
Содержание, %: асфальтенов	2,00	2,03	1,99	2,00	2,00	11858
смола силикагелевых	10,5	10,5	-	-	-	11858
парафина	4,0	4,0	-	-	-	11851
с температурой плавления, °С	54	54				
Наличие осадка после хранения		нет	-	нет	-	2477

*) Температура застывания без термообработки

Таблица 5.3.

Результаты анализа смеси синтетической и минеральной нефтей в соотношении 7/93 до и после хранения.

Показатели	Смесь синтетической и минеральной нефтей					ГОСТ
	исходная	После хранения при температуре 20°C		После хранения при температуре 5°C		
		придонная	верхняя	придонная	верхняя	
Плотность при 20 °С, кг/м ³	860,1	860,4	859,3	860,8	860,0	3900
Вязкость кинематическая при 20°C, мм ² /с	19,75	19,80	19,71	19,80	19,73	33
Вязкость кинематическая при 50°C, мм ² /с	7,80	7,85	7,78	7,85	7,80	33
Температура застывания, °С,	-10	-6*	-7*	-6*	-6*	20287
Содержание, %: асфальтенов	1,89	1,90	1,90	1,90	1,90	11858
смола силикагелевых	9,9	9,9	-	9,9	-	11858
парафина	3,9	3,9	-	3,9	-	11851
с температурой плавления, °С	53	53	-	53	-	
Наличие осадка после хранения		нет	-	нет	-	2477

*) Температура застывания без термообработки

Таблица 5.4.

Результаты анализа смеси синтетической и минеральной нефтей в соотношении 15/85 до и после хранения.

Показатели	Смесь синтетической и минеральной нефтей					ГОСТ
	исходная	После хранения при температуре 20°C		После хранения при температуре 5°C		
		придонная	верхняя	придонная	верхняя	
Плотность при 20 °С, кг/м ³	847,8	848,5	846,5	848,0	847,1	3900
Вязкость кинематическая при 20°C, мм ² /с	13,22	13,30	13,18	13,28	13,10	33
Вязкость кинематическая при 50°C, мм ² /с	5,73	5,75	5,70	5,75	5,72	33
Температура застывания, °С,	-11	-5*	-5*	-4*	-5*	20287
Содержание, %: асфальтенов	1,73	1,72	1,70	1,70	1,70	11858
смола силикагелевых	9,1	9,1	-	9,1	-	11858
парафина	3,6	3,6	-	3,6	-	11851
с температурой плавления, °С	54	53		53		
Наличие осадка после хранения		налёт на дне и частично на стенках ёмкости		налёт на дне и частично на стенках ёмкости		визуально
Количество осадка, % масс.		0,076		-		"Методика"

*) Температура застывания без термообработки

Таблица 5.5.

Результаты анализа смеси синтетической и минеральной нефтей в соотношении 25/75 до и после хранения.

Показатели	Смесь синтетической и минеральной нефтей					ГОСТ
	исходная	После хранения при температуре 20°C		После хранения при температуре 5°C		
		придонная	верхняя	придонная	верхняя	
Плотность при 20 °С, кг/м ³	830,9	833,0	829,8	832,6	830,0	3900
Вязкость кинематическая при 20°C, мм ² /с	8,87	9,02	8,72	8,94	8,78	33
Вязкость кинематическая при 50°C, мм ² /с	4,21	4,45	4,18	4,30	4,18	33
Температура застывания, °С,	-11	-4*	-5*	-5*	-5*	20287
Содержание, %: асфальтенов	1,53	1,55	1,52	1,53	1,53	11858
смола силикагелевых	8,12	8,15	-	8,20	-	11858
парафина	3,3	3,2	-	3,4	-	11851
с температурой плавления, °С	53	52		52		
Наличие осадка после хранения		лёгкий налёт на дне и тёмная полоска на стенках ёмкости	-	лёгкий налёт на дне и тёмная полоска на стенках ёмкости	-	визуально
Количество осадка, % масс.		0,080				"Методика"

*) Температура застывания без термообработки

Таблица 5.6.

Результаты анализа смеси синтетической и минеральной нефтей в соотношении 50/50 до и после хранения.

Показатели	Смесь синтетической и минеральной нефтей					ГОСТ
	исходная	После хранения при температуре 20°С		После хранения при температуре 5°С		
		придонная	верхняя	придонная	верхняя	
Плотность при 20 °С, кг/м ³	799,9	807,1	794,4	801,6	798,5	3900
Вязкость кинематическая при 20°С, мм ² /с	4,09	4,79	3,95	4,38	4,05	33
Вязкость кинематическая при 50°С, мм ² /с	2,20	2,31	2,18	2,27	2,19	33
Температура застывания, °С,	-11	-8*	-10*	-8*	-8*	20287
Содержание, %: асфальтенов	1,00	1,14	0,95	0,98	0,98	11858
смола силикагелевых	5,28	5,25	-	5,30	-	11858
парафина	2,8	2,7	-	2,7	-	11851
с температурой плавления, °С	54	52		53		
Наличие осадка после хранения		тёмный сплошной налёт на стенках и дне ёмкости	-	тёмный сплошной налёт на стенках и дне ёмкости	-	визуально
Количество осадка, % масс.		0,094				"Методика"

*) Температура застывания без термообработки

Таблица 5.7.

Фракционный состав по ГОСТ 2177 смеси синтетической и минеральной нефтей после хранения при 20°С

Показатели:	Смесь синтетической и минеральной нефтей в соотношении:				
	2/98	7/93	15/85	25/75	50/50
Начало кипения, °С	51	48	54	56	58
Выкипает, % об. до температуры:					
80°С	3,5	3,5	3,5	3,0	2,5
100 °С	7,5	7,5	7,0	7,0	6,5
150°С	15,0	17,0	18,0	24,5	26,5
200°С	24,5	26,5	29,0	37,0	43,5
240°С	30,0	35,0	37,0	43,5	54,0
300°С	42,0	47,5	49,0	59,0	68,0
350°С	55,0	64,5	67,5	73,0	77,0

Заключение.

Целью исследования являлась оценка совместимости синтетической и минеральной нефти при смешении. В полном соответствии с Техническим заданием к настоящему договору проведено комплексное исследование совместимости синтетической нефти с минеральной при смешении и получены результаты оценки физико-химической стабильности смесей после недельного хранения в стекле при температурах 5 °С и 20°С.

В данном исследовании под совместимостью и физико-химической стабильностью смесей синтетической и минеральной нефтей подразумевается способность нефтей образовывать однородные смеси в интервале концентраций синтетического компонента 2%-50% масс. и способность смесей сохранять свои свойства: не расслаиваться и не образовывать осадки на дне и стенках ёмкости в течение краткосрочного хранения. Для выбора и апробации методов анализа на смесях синтетической и минеральной нефтей были проведены предварительные испытания. Выбраны наиболее распространённые и иллюстративные методы анализа смесей, условия смешения и хранения, отбора проб и их анализа. Для данного исследования разработана «Методика приготовления смесей синтетической и минеральной нефтей и оценки физико-химической стабильности смесей при хранении». Соблюдение единой процедуры исследования смесей и использование стандартных методов анализа позволила получить сравнимые результаты, подвергнутые тщательному анализу на достоверность. Из полученного массива данных по исследованию смесей синтетической и минеральной нефтей вытекают следующие выводы.

- Для всех образцов, включая контрольный, после хранения наблюдается некоторое «утяжеление» придонного слоя при одновременном «облегчении» верхнего слоя по сравнению с показателями качества исходной смеси.
- Для всех образцов отмечается большая стабильность смесей при хранении при температуре 5°С, чем при температуре 20°С.
- Различия значений плотности и вязкости придонного и верхнего слоёв до и после хранения при разных температурах малы и практически находятся в допустимых пределах воспроизводимости.

- Результаты прямого определения асфальтенов по слоям пробы после хранения (при 20°С) показали, что только для придонной пробы смеси 50/50 содержание асфальтенов превышает допустимую величину расхождений. То же самое наблюдалось и в предварительных опытах.
- Содержание парафина и смол в придонной пробе всех смесей при хранении количественно практически не изменялось.
- Фракционный состав образцов смесей после хранения не изменился.
- Результаты хранения смесей при положительных температурах показали, что добавка синтетической нефти оказывает заметное влияние на изменение структуры нефтяной дисперсной системы, но не приводит к резкому изменению фазового равновесия.
- Начало процесса осадкообразования отмечено в смеси, содержащей 15% синтетического компонента.
- Количество осадка после хранения увеличивается для смесей 25/75 и 50/50 по сравнению со смесью 15/85.

Таким образом, на основании результатов проведенного исследования можно считать, что для получения однородных стабильных смесей добавка синтетической нефти к минеральной нефти (близкой по составу и свойствам к товарной западносибирской сернистой нефти) не должна превышать 15% масс.

В промышленных условиях рекомендуется целенаправленное приготовление смеси синтетической и минеральной нефтей в резервуаре. Подача синтетической нефти должна осуществляться снизу резервуара, в котором уже находится минеральная нефть, с последующей 3-5-кратной рециркуляцией. Такой способ позволит получить однородную смесь и при этом сохранить в смеси ценные лёгкие углеводороды.

Анализ смесей синтетической и минеральной нефтей выполняется по обычному для товарных нефтей ГОСТ Р 51858-2002.

Таблица 2 – Типы нефтей

Наименование показателей	Норма для нефтей типа										Метод испытания
	0		1		2		3		4		
	Для пред-приятый РФ	Для экспор-та	Для пред-приятый РФ	Для экспор-та	Для пред-приятый РФ	Для экспор-та	Для пред-приятый РФ	Для экспор-та	Для пред-приятый РФ	Для экспор-та	
1. Плотность, кг/м ³ при температуре:	Не более 830,0		830,1 – 850,0		850,1 – 870,0		870,1 – 895,0		Более 895,0		По ГОСТ 3900 и 9.3 настоящего стандарта По ГОСТ Р 51069 и 9.3 настоящего стандарта
20°C											
15°C	Не более 833,7		833,8 – 853,6		853,7 – 873,5		873,6 – 898,4		Более 898,4		
2. Выход фракций, %об., не менее до температуры:											По ГОСТ 2177 (метод Б)
200°C	-	30	-	27	-	21	-	-	-	-	
300°C	-	52	-	47	-	42	-	-	-	-	
3. Массовая доля парафина, %, не более	-	6	-	6	-	6	-	-	-	-	По ГОСТ 11851
<p>Примечание:</p> <p>1. Если нефть по одному из показателей (плотность или выход фракций) относится к типу с меньшим номером, а по другому – к типу с большим номером, то нефть признают соответствующей типу с большим номером.</p> <p>2. Нефть типов 3 и 4 при приёме в систему трубопроводного транспорта для последующей поставке на экспорт должна иметь норму по показателю 3 " не более 6%" .</p>											

Физико-химическая характеристика синтетической нефти

ОАО "ИНФРА Технологии" 2011 г.

Показатели	Значения	ГОСТ или методика
Плотность при 20°C, кг/м ³	745,6	3900
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	1,57	33
Кинематическая вязкость при 50 °С, мм ² /с	1,03	33
Температура застывания, °С	-5	20287
Содержание, % : асфальтенов	0,03	11858
смола силикагелевых	0,4	11858
парафина	2,4	11851
с температурой плавления, °С	52	
серы общей	0,001	P51947
Фракционный состав:		2177
начало кипения, °С	78	
Выкипает, % об. до температуры:		
80°C	2,5	
100°C	4,0	
150°C	30,0	
200°C	56,0	
240°C	72,0	
300°C	88,0	
Конец кипения (345°C)	96,5	