



Совещание технического комитета ТК-52

***Информация о методических разработках
по расчетам компонентно-фракционных составов и
физико-химических свойств углеводородных потоков
газоконденсатных и нефтегазоконденсатных
месторождений***

Докладчик:
Старший научный сотрудник
лаборатории добычи и переработки УВС
Омельченко Олег Анатольевич

Москва - 2017

Наименование ОИС или результатов НИОКР

СТО Газпром 5.63-2016

«Методика расчета физико-химических свойств нестабильных жидких углеводородов»

Внедряющая организация:

дочерние общества ПАО «Газпром»

Организация-разработчик:

ООО «ТюменНИИгипрогаз»



1. Вид бизнеса и бизнес-сегмент: газовый бизнес, **бизнес-сегмент:** добыча и переработка углеводородов

2. Назначение: разработка направлена на развитие имеющихся методик расчета физико-химических свойств нестабильных жидких углеводородов (плотности, вязкости и давления насыщения) и их объемных свойств (коэффициента сжимаемости и коэффициента объемного расширения) для повышения точности и достоверности их результатов в расширенных диапазонах концентраций компонентов и фракций, в широких диапазонах термобарических условий.

3. Краткое описание: Настоящий стандарт разработан в развитие СТО Газпром 5.1 и СТО Газпром 5.10 с включением обновленной расчетной методики, максимально адаптированной к экспериментальным данным, и расширяет область применения за счет серосодержащих соединений в составе исходных данных. Методика аттестована ВНИИМ им. Д.И. Менделеева.

4. Значимые показатели:

Наименование показателя	Достигнутый уровень	Уровень российских аналогов	Уровень зарубежных аналогов
Учет наличия серосодержащих соединений в составе НЖУ	есть	нет	нет
Вариативность использования состава НЖУ	Используется форма представления узких фракций с распределением по диапазонам температур кипения и по числу атомов углерода	Компонентно-фракционный состав с распределением фракций по температурам кипения	Компонентный состав, фракционный состав

5. Наименование объекта/объектов/проекта/проектов, на котором новшество

а) используется:

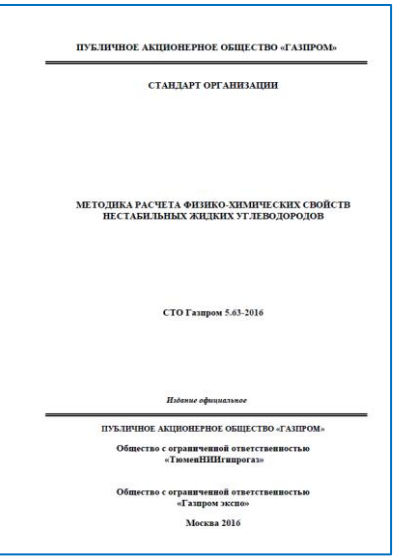
б) предлагается к использованию: структурными подразделениями, дочерними обществами и организациями ПАО «Газпром» при обработке и анализе результатов экспериментальных исследований, моделировании процессов подготовки и переработки углеводородного сырья, а также при выборе и разработке средств и систем измерений количества и качества нестабильных жидких углеводородов, выполнении учетных операций, аналитическом контроле качества потоков.

6. Эффект от использования: управленческий, $K_{кач} = 19,6$

8. Год начала разработки: 2013

7. Затраты на проведение разработки: 8500 тыс. руб. без НДС

9. Год начала использования: 2017



Инструкция по применению пользовательских функций для расчета в электронных таблицах Microsoft Excel физико-химических свойств углеводородных потоков по СТО Газпром 5.63 «Методика расчета физико-химических свойств нестабильных жидких углеводородов»

Расчет физико-химических свойств (ФХС) углеводородных (УВ) потоков в электронных таблицах Microsoft Excel реализован на основе применения специальных пользовательских функций (user defined functions – UDF), воспроизводящих изложенные в СТО Газпром 5.63 расчетные методики. Использование UDF осуществляется вводом в ячейки электронных таблиц формул, формат представления которых изложен в настоящей Инструкции.

Примеры формул пользовательских функций для расчетов ФХС УВ потоков				<i>Код свойства</i>	<i>Температура</i>	<i>Давление</i>
Расчет ФХС УВ потоков по методикам СТО Газпром 5.63		Примеры формул				
2.1	Расчет плотности (кг/м ³) ЖУ по аддитивности с поправкой парциальной плотности растворенных в жидкой фазе газообразных компонентов	687,4	703,2	ROLM	3,0	33,0
2.2	Расчет плотности (кг/м ³) ЖУ по методике Косталд	685,3	700,3	RXT	3,0	33,0
2.3	Расчет термического коэффициента измерения плотности (объемного расширения)	-0,00161	-0,00161		17,0	32,6
2.4	Расчет барического коэффициента измерения плотности (коэффициента сжимаемости)	0,00020	0,00020		21,0	43,8
2.5	Расчет динамической вязкости (мПа*с) ЖУ с поправкой парциальной вязкости растворенных в жидкой фазе газообразных компонентов	0,456	0,567	WISLM	3,0	33,0
2.6	Расчет давления (кгс/см ² абсолютных) насыщения (давления начала кипения, упругости паров) ЖУ методом поиска границы газовой и газожидкостной области	30,3	25,3	PBA	3,0	

Примеры формул пользовательских функций для расчетов ФХС УВ потоков				Код свойства	Температура	Давление
Расчетные свойства и используемые методики		Примеры Формул				
2	Функции расчетов молярной массы, фазового состояния и равновесия УВ потоков					
2.1	Молярная масса УВ потока	81,1	81,1	MM	20,0	1,0
2.2	Молярная доля жидкой фазы УВ потока	43,8	53,4	MOLL	33,0	3,0
2.3	Массовая доля жидкой фазы УВ потока	70,7	77,5	MASL	33,0	3,0
2.4	Объемная доля жидкой фазы УВ потока	0,541	2,146	VOLL	33,0	3,0
2.5	Коэффициенты отбора компонентов при сепарации УВ потока	84,397	21,816		77,0	7,0
2.6	Сплайн-интерполяция параметров компонентов и УВ потоков	94,0	832,5		200,0	
3	Функции расчетов плотности УВ потоков					
3.1	Плотность ЖУ по аддитивности	729,6	730,4	ROL	20,0	11,0
3.2	Плотность ЖУ по аддитивности с учетом сжимаемости растворенных газов	687,4	703,2	ROLM	3,0	33,0
3.3	Плотность ЖУ по методике Costald	685,3	700,3	RXT	3,0	33,0
3.4	Плотность ЖУ по уравнению состояния Пенга-Робинсона	525,476	640,531	ROLEQ	20,0	11,0
3.5	Плотность газа по уравнению состояния идеального газа с учетом сжимаемости	0,854	2,469	ROG	33,0	3,0
3.6	Плотность газа по уравнению состояния Пенга-Робинсона	0,854	2,468	ROGEQ	33,0	3,0
3.7	Плотность двухфазного УВ потока по уравнению состояния Пенга-Робинсона	0,858	5,890	ROEQ	33,0	7,0
4	Функции расчетов объемных свойств УВ потоков					
4.1	Термический коэффициент измерения плотности	-0,00161	-0,00161		17,0	32,6
4.2	Барический коэффициент измерения плотности	0,00020	0,00020		21,0	43,8
4.3	Коэффициент сжимаемости ЖУ по уравнению состояния Пенга-Робинсона	0,00667	0,05602	ZLEQ	20,0	11,0
4.4	Коэффициент сжимаемости газа по корреляционному уравнению	0,996	0,727	ZG	-5,0	70,0
4.5	Коэффициент сжимаемости газа по уравнению состояния Пенга-Робинсона	0,996	0,737	ZGEQ	-5,0	70,0
5	Функции расчетов вязкости УВ потоков					
5.1	Динамическая вязкость ЖУ по степенной аддитивности	0,348	0,351	WISL	20,0	11,0
5.2	Динамическая вязкость ЖУ с коррекцией вязкости растворенных газов	0,456	0,567	WISLM	3,0	33,0
5.3	Динамическая вязкость газового УВ потока	0,0105	0,0110	WISG	33,0	3,0
5.4	Кинематическая вязкость жидкого УВ потока	0,527	0,532	KVISCL	20,0	11,0
5.5	Кинематическая вязкость газового УВ потока	12,263	1,090	KVISCG	20,0	11,0

Примеры формул пользовательских функций для расчетов ФХС УВ потоков				Код свойства	Температура	Давление
Расчетные свойства и используемые методики		Примеры Формул				
6	Функции расчетов специфических свойств жидких УВ потоков					
6.1	Поверхностное натяжение		12,1	16,2	SP	30,0
6.2	Газовый фактор (газосодержание)		169,6	58,8	GF	30,0
6.3	Температура застывания		-21,9	-21,9	TSC	30,0
6.4	Температура помутнения		-4,9	-4,9	TPC	30,0
6.5	Давление насыщенных паров по Рейду		285	285	DNPRV	30,0
6.6	Давление насыщенных паров по Рейду в вакуумной бомбе		311	310	DNPRV	10,0
6.7	Калорийность - низшая теплота сгорания		43 258	43 258	CALM	20,0
6.8	Октановое число по моторному методу		59,4	59,4	ON	20,0
7	Функции расчетов специфических свойств газовых УВ потоков					
7.1	Потенциальное содержание жидких углеводородов C5+		112,0	112,0	C5P	20,0
7.2	Конденсатный фактор		30,7	183,6	CF	-5,0
7.3	Калорийность - низшая теплота сгорания		12 004	12 004	CAL	20,0
8	8. Функции расчетов свойств УВ потоков на линиях насыщения					
8.1	Поиск по начальному приближению и точности схождения доли жидкой фазы					
8.1.1	Давление начала кипения (насыщенных паров, насыщения) жидких УВ		30,4	25,3	PBA	3,0
8.1.2	Температура начала кипения жидких УВ		74,9	92,7	TBC	90,0
8.1.3	Давление начала конденсации газообразных УВ		232,7	213,0	PDA	-10,0
8.1.4	Температура начала конденсации (точки росы) газообразных УВ		169,3	165,8	TDC	100,0
8.2	Поиск по шагам приближений со статистическим анализом вычислений					
8.2.1	Давление начала кипения (насыщенных паров, насыщения) жидких УВ		30,3	27,3	PBA	10,0
8.2.2	Температура начала кипения жидких УВ		64,8	178,9	TBC	10,0
8.2.3	Давление начала конденсации газообразных УВ		232,4	232,4	PDA	20,0
8.2.4	Температура начала конденсации (точки росы) газообразных УВ		169,3	169,2	TDC	30,0
8.3	Поиск границ в заданном интервале со сжатием шага в приграничной области					
8.3.1	Давление начала кипения, ретроградного начала конденсации		30,2	27,3	Pmax	10,0
8.3.2	Температура начала конденсации (точка росы) газообразных УВ		169,3	165,8	Tmax	70,0
8.3.3	Давление начала конденсации газообразных УВ		13,7	6,9	Pmin	155,0
8.3.4	Температура начала кипения, ретроградного начала конденсации		64,9	92,7	Tmin	2,0
8.4	Двухстадийный поиск в заданном интервале с уточнением границы фаз					
8.4.1	Давление начала кипения (насыщенных паров, насыщения) жидких УВ		30,3	25,3	PBA	3,0
8.4.2	Температура начала кипения жидких УВ		64,9	92,7	TBC	2,0
8.4.3	Давление начала конденсации газообразных УВ		232,8	213,1	PDA	-10,0
8.4.4	Температура начала конденсации (точки росы) газообразных УВ		169,3	165,8	TDC	70,0

Утверждены
Распоряжением
ООО «Газпром переработка»
от 30 декабря 2015 № 328

Дата введения: 30.12.2015
Редакция: 2

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ГАЗПРОМ ПЕРЕРАБОТКА»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТАМ СОСТАВОВ, СВОЙСТВ, РЕЖИМОВ
ТРАНСПОРТА И БАЛАНСОВ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ПОТОКОВ
ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ И
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
МР-03-2015**

1	Область применения	4
2	Нормативные ссылки	5
3	Термины, определения и сокращения	7
4	Исходные данные по характеристикам углеводородных потоков для выполнения расчетов	10
4.1	Составы углеводородных потоков: форматы, определение и преобразование	10
4.2	Физико-химические свойства компонентов углеводородных потоков	14
4.2.1	Справочные свойства индивидуальных компонентов	15
4.2.2	Экспериментально определяемые свойства псевдокомпонентов	16
4.2.3	Расчет молекулярной массы псевдокомпонентов	21
4.2.4	Расчет критических свойств псевдокомпонентов	22
4.2.5	Расчет калорийности псевдокомпонентов	27
4.2.6	Расчеты свойств смешанных и остаточных псевдокомпонентов	28
4.2.7	Адаптационная линейная коррекция характеристик псевдокомпонентов	32
5	Газожидкостные фазовые равновесия углеводородных потоков	34
5.1	Физические основы фазовых равновесий и фазовых переходов	34
5.2	Принципы и уравнения расчетов фазовых равновесий	37
6	Расчеты физико-химических свойств и показателей качества углеводородных потоков	42
6.1	Расчет молекулярной массы	43
6.2	Методики расчетов плотности	43
6.2.1	Аддитивный расчет плотности жидких углеводородов	43
6.2.2	Расчет плотности жидких углеводородов по методу Ханкинсона-Томпсона	45
6.2.3	Расчет плотности газовых углеводородных потоков	49
6.3	Методики расчетов калорийности	50
6.4	Методики расчетов вязкости	50

6.5	Расчет поверхностного натяжения	52
6.6	Расчет содержания твердых парафинов	52
6.7	Методики расчетов низкотемпературных свойств	57
6.8	Расчеты октанового и цетанового числа	60
6.9	Расчет содержание серы	61
6.10	Методика расчета свойств фаз на линии насыщения	62
6.11	Расчет фазовой диаграммы углеводородных потоков	65
6.12	Расчет газового фактора жидких углеводородов	70
6.13	Расчет газоконденсатного фактора газовых потоков	70
6.14	Расчет потенциального содержания жидких углеводородов в газе	71
6.15	Методика расчета давления насыщенных паров по Рейду	72
6.16	Методики расчетов фракционного состава по Энглеру	75
6.16.1	Экспресс-расчет по корреляциям API	76
6.16.2	Термодинамическая модель фракционирования	81
7	Прогноз динамики составов сырья газоконденсатных месторождений	92
7.1	Экспериментальные исследования дифференциальной конденсации	93
7.2	Математическое моделирование дифференциальной конденсации	95
7.3	Прогноз изменения состава сырья по экспериментальным данным	100
8	Моделирование и балансовые расчеты переработки углеводородного сырья	101
8.1	Функции отбора компонентов: принципы построения и определение	103
8.2	Балансовая модель: формирование и выполнение расчетов	107
8.3	Вычисление балансов сырьевых потоков в общем балансе переработки	113
9	Расчеты тепло-гидравлических режимов транспорта жидких углеводородов	115

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ГАЗПРОМ ПЕРЕРАБОТКА»**

**ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТОВ
СОСТАВОВ, СВОЙСТВ, РЕЖИМОВ ТРАНСПОРТА И
БАЛАНСОВ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ПОТОКОВ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ И
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ
MICROSOFT EXCEL**

Приложение к МР-03-2015