

*Дроздов А.С.,*

*Студент магистратуры*

*2 курса, факультет «Разработка и эксплуатация нефтяных  
и газовых месторождений»*

*Институт геологии и нефтегазодобычи*

*Россия, г. Тюмень*

## **РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ НЕФТИ**

**Аннотация:** *Статья посвящена определению динамической вязкости нефти с помощью эмпирических формул различных авторов. Так же в статье проанализирована применимость данных формул к месторождениям Западной Сибири и границы применимости данных формул.*

**Ключевые слова:** *Вязкость нефти, реология нефти, эмпирический расчет вязкости, нефть средней плотности, высоковязкая нефть.*

**Annotation:** *The article is devoted to the determination of the dynamic viscosity of oil using empirical formulas of various authors. The article also analyzes the applicability of these formulas to fields in Western Siberia and the limits of applicability of these formulas.*

**Key words:** *Oil viscosity, oil rheology, empirical viscosity calculation, medium density oil, high viscosity oil.*

Вязкость нефти является её важнейшей физической характеристикой, поскольку напрямую влияет на её текучесть. Вязкие нефти крайне трудно транспортировать и перерабатывать, что для нефтяной отрасли является затрудняющими факторами.

Если знать вязкость нефти, то возможно приблизительно определить её состав, поскольку эта физическая характеристика растёт с увеличением молекулярных весов, составляющих это полезное ископаемое фракций.

Определение коэффициента вязкости является важной задачей, но не всегда присутствует возможность его непосредственного измерения в промысловых условиях. В связи с этим эмпирические формулы для расчёта вязкости имеют большую практическую значимость.

Количество эмпирических формул для расчета вязкости увеличивается с каждым годом, но каждая формула применима только к определенным нефтям, что делает многие из них непригодными для использования в расчетах для нефти, добываемой на территории Западной Сибири.

Для отбора формул был произведен расчет и сравнение значений динамической вязкости для нефти средней плотности (840-860 кг/м<sup>3</sup>), в температурном диапазоне от 0°С до 40°С по формулам, предложенным различными авторами.

Для расчетов были взяты формулы следующего вида[1-4]:

1. Beal

$$\mu = \left(0,32 + \frac{1,8 \cdot 10^7}{API^{4,53}}\right) \left(\frac{360}{T+200}\right)^a \quad (1)$$

где

$$a = 10^{(0,43 + \frac{8,33}{API})}$$

2. Modified Kartoatmodjo (Medium Oils)

$$\mu = 220,15 * 10^9 * T^{-3,556} * (\lg(API))^{(12,548 * \lg T - 45,7874)} \quad (2)$$

3. Petrosky & Farshad

$$\mu = 2,3511 * 10^7 * T^{-2,10255} * (\lg(API))^{(4,59388 * \lg T - 22,82792)} \quad (3)$$

где  $\mu$  – вязкость дегазированной нефти (сПз);  $T$  – температура, °F.  $API$  – плотность в градус  $API$ :

$$API = \left(\frac{141,5}{\frac{\rho_H(60)^{\circ F}}{\rho_B(60)^{\circ F}}}\right) - 131,5 \quad (4)$$

Эти формулы как указано авторами применимы к нефтям средней плотности (840-860 кг/м<sup>3</sup>), но в данной работе будет исследованы нефти с

плотностью выходящий за данный диапазон. Показателем правдоподобности формулы будем считать среднее относительное отклонение.

Приведем экспериментальные и рассчитанные значения вязкости:

*Таблица 1.*

**Расчет динамической вязкости нефти**

Температура, °C	Коэффициент вязкости ( $\mu$ ), сПз			
	Факт.	Beal (1)	Modified Kartoatmodjo (Medium Oils) (2)	Petrosky & Farshad (3)
1	2	3	4	5
Барсуковское скв.3003, куст 33 (Плотность 870 кг/м <sup>3</sup> )				
-10	107,9	48,09	68,35	83,87
-5	73,5	39,12	34,36	43,81
0	49	32,08	21,74	28,45
5	35,8	26,51	15,42	20,57
10	27,4	22,06	11,72	15,87
20	17,5	15,57	7,65	10,61
30	12,5	11,24	5,53	7,81
40	9,6	8,28	4,25	6,09
50	7,5	6,21	3,40	4,94
Относительное отклонение, %		18,8%	52,6%	36,1%
Относительное отклонение в диапазоне температур от 10 до 50 °C , %		13,4%	55,9%	37,7%
1	2	3	4	5
Барсуковское Р-141 (Плотность при 20оС 893 кг/м3)				

-10	300,3	116,20	267,12	179,74
-5	198,2	92,54	119,40	89,95
0	117	74,37	69,88	56,75
5	93,6	60,27	46,75	40,17
10	60,2	49,22	33,88	30,46
20	37,7	33,52	20,58	19,84
30	25,6	23,40	14,06	14,30
40	17,4	16,70	10,33	10,97
50	13,7	12,16	7,97	8,78
Относительное отклонение, %		13%	32,6%	45,2%
Относительное отклонение в диапазоне температур от 10 до 50 °C , %		8,3%	43,2%	42%
Западно-Лекейягинское (скв. 62) (Плотность при 20оС 869,6 кг/м3)				
	1636,			
-10	2	88,63	66,85	82,84
0	412,6	59,16	21,33	28,13
10	86,5	40,71	11,52	15,70
20	34,3	28,74	7,53	10,51
30	22,7	20,76	5,44	7,73
40	16,8	15,30	4,19	6,03
50	12,8	11,47	3,36	4,90
60	9,9	8,74	2,78	4,09
Относительное отклонение, %		15,6%	80,6%	71,5%
Относительное отклонение в диапазоне температур от 10 до 50 °C , %		9,7%	74,2%	62,5%
Западно-Салымское (скв. 1246, к. 20) (Плотность при 20оС 863 кг/м3)				

-10	60,8	37,97	46,72	67,79
0	41,5	25,59	15,69	23,46
10	24,3	17,76	8,71	13,23
20	15,4	12,65	5,80	8,91
30	11	9,21	4,26	6,59
40	8,1	6,83	3,31	5,17
50	6,9	5,16	2,68	4,21
60	4,7	3,95	2,24	3,53
Относительное отклонение, %		24,4%	50,1%	29,2%
Относительное отклонение в диапазоне температур от 10 до 50 оС, %		17,6%	58,2%	33,8%
Комсомольское скв.447(1628-1634) (Плотность при 20оС 919 кг/м3)				
-10	3671	406,61	1628,65	493,97
-5	2241	312,53	622,99	233,50
0	1140	242,74	328,74	141,84
5	746	190,36	203,47	97,58
10	417,8	150,61	138,57	72,32
-10	194,5	96,61	76,41	45,47
-5	106	63,78	48,50	31,90
0	60,2	43,19	33,57	23,94
5	38,5	29,91	24,65	18,82
Относительное отклонение, %		55,2%	60,6%	78,7%
Относительное отклонение в диапазоне температур от 10 до 50 °С , %		41,7%	55,2%	71,4%
Северо-Сарембойское скв.40 (Плотность при 20оС 872 кг/м3)				

-10	7779,7	51,58	76,41	89,26
0	2311,1	34,31	23,92	30,10
10	261,9	23,52	12,78	16,74
20	68,7	16,56	8,30	11,17
30	32	11,92	5,96	8,20
40	19,7	8,76	4,57	6,39
50	14	6,55	3,65	5,18
60	10,6	4,98	3,01	4,32
Относительное отклонение, %		69,0 %	84,3 %	77,0 %
Относительное отклонение в диапазоне температур от 10 до 50 оС, %		55,9 %	75,8 %	65,6 %
Тайлаковское месторождение скв.160, пл. Ачим. (Плотность при 20оС 880 кг/м3)				
-10	315,3	69,09	120,85	115,35
-5	119,6	55,74	57,84	59,18
0	83,6	45,35	35,42	37,97
5	59,9	37,18	24,52	27,21
10	38,3	30,71	18,26	20,84
20	24,5	21,37	11,57	13,79
30	17,1	15,23	8,17	10,05
40	13	11,08	6,16	7,79
Относительное отклонение, %		21,8%	54,8%	48,1%
Относительное отклонение в диапазоне температур от 10 до 50 °С , %		13,9%	52,5%	42,5%

Суторминское месторождение скв.5287, пл. БС7 (Плотность при 20оС 860 кг/м3)				
-10	127,5	34,46	39,86	62,03
-5	62,5	28,24	20,99	32,96
0	38,2	23,32	13,70	21,64
5	27,6	19,40	9,95	15,79
10	17,5	16,25	7,70	12,26
20	11,7	11,61	5,17	8,29
30	9	8,48	3,82	6,14
40	6,6	6,31	2,99	4,82
50	5,6	4,78	2,43	3,94
Относительное отклонение, %		4,2%	60,5%	35,8%
Относительное отклонение в диапазоне температур от 10 до 50 °С , %		2,2%	56,0%	29,3%

По полученным результатам можно сделать несколько выводов:

1. Динамическую вязкость во всех исследованных месторождениях с плотностью нефти в диапазоне 850-890 кг/м3 хорошо описывает формула Veal (кроме Северо-Сарембойского месторождения). Это означает что формула имеет больший рабочий диапазон плотностей чем указанный авторами.
2. Формула Veal имеет относительное отклонение около 50% в температурном диапазоне от -10 до 5 градусов, что делает ее неприменимой в данном диапазоне температур. То есть ее температура рабочего диапазона от 10 до 50 градусов. Но и при выходе за этот диапазон формула дает приемлемые значения.
3. Обратная ситуация с формулой Petrosky & Farshad. В определенных случаях она лучше описывает диапазон от – 10 до 10 градусов. Но в целом формула имеет большое отклонение от реальных значений (порядка 50%) что делает расчеты с

ее использованием неточными и малопригодными для применения на практике.

4. Уравнение Modified Kartoatmodjo (Medium Oils) лучше не использовать при данных температурах для данных нефтей, так как значения, полученные с ее помощью, значения слишком далеки от реальных (среднее отклонение в большинстве случаев больше 50%).
5. Плотность нефти с двух месторождений из восьми выбранных нельзя описать одной из представленных формул. Комсомольское месторождение нельзя описать из-за слишком большой плотности нефти, выходящей за рабочий диапазон формул. Для Северо-Сарембойского месторождения все формулы дают большое отклонение из-за слишком больших практических значений вязкости нефти.

### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Аб. Г. Рзаев, И.А. Нуриева, Г.Р. Мустафаева, Оценка реологических характеристик аномальных нефтей и нефтяных эмульсий // Новые методы и технологии, 2016, №3, с. 55-57.
2. Р.М. Галикеев, исследование закономерности структурообразования парафиносодержащих нефтей в системе добычи и нефтесбора: дис. ... канд. тех. наук. ТюмНГУ, Тюмень, 2011.
3. Р.М. Галикеев Анализ расчетных методов определения температуры насыщения нефти парафином / С.А. Леонтьев // Новые технологии для ТЭК Западной Сибири: сб. научн.тр.; под ред. С.И. Грачева. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – С. 312-316.
4. Е.В. Бобров, Расчетные методы определения физико-химических характеристик пластовых углеводородных систем в процессе разработки месторождений: дис. ... физ. хим. наук. ТюмНГУ, Тюмень, 2006.
5. Такаева М.А. Мусаева М.А., Кириллова Л.Б. и др. Интенсификация процесса подготовки и переработки грозненских нефтей // Материалы международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук». Уфа: УГНТУ, 2010. С.47-50.

6. Лутошкин Г.С., Дунюшкин И.И. Сборник задач по сбору и подготовке нефти, газа и воды на промыслах: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., стереотипное. Перепечатка с издания 1985г. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 135с.