

ВСЕСОЮЗНЫЙ ЦЕНТР ПЕРЕВОДОВ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОКУМЕНТАЦИИ
(ВЦИ)

Рег. № _____

УДК

Перевод № C-7493I

Группа

СЫРАЯ НЕФТЬ И НЕФТЕПРОДУКТЫ. КОЭФФИЦИЕНТЫ СЖИМАЕМОСТИ ДЛЯ
УГЛЕВОДОРОДОВ В ДИАПАЗОНЕ ОТ 638 КГ/М³ ДО 1074 КГ/М³

**Crude petroleum and petroleum products —
Compressibility factors for hydrocarbons in the range
638 kg/m³ to 1 074 kg/m³**

Перевод с английского языка стандарта

Страна, номер стандарта

Международный, IS 0 9770:1989(E)

Взамен

Введен

15.08.89

Аннотация. Описание метода определения коэффициентов сжимаемости углеводородов и нефтепродуктов

Кол-во стр. 13

Кол-во рис. I

Переводчик Лебедев В.Л.

Редактор

Дата выполнения
перевода

29.12.89

61.51.03

Канделаки Н.Д.



Москва, 1989

19-90
нет 29

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ I S O 9770:1989(E)

СЫРАЯ НЕФТЬ И НЕФТЕПРОДУКТЫ. КОЭФФИЦИЕНТЫ СЖИМАЕМОСТИ ДЛЯ
УГЛЕВОДОРОДОВ В ДИАПАЗОНЕ ОТ 638 КГ/М³ ДО 1074 КГ/М³

Первое издание. 1989-08-15

I S O (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (организаций-членов I S O). Работа по разработке Международных стандартов обычно проводится техническими комитетами I S O. Каждая организация-член, заинтересованная вопросом, по которому создан технический комитет, имеет право быть представленной в этом комитете. Международные организации, правительственные и неправительственные, связанные с I S O, также участвуют в работе. I S O тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации для электротехники.

Проекты Международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются организациям-членам для утверждения перед их принятием Советом I S O. Они утверждаются в соответствии с процедурами I S O, требующими для утверждения не менее 75 % голосов организаций-членов.

Международный стандарт I S O 9770 впервые опубликован Американским нефтяным институтом и принят комитетом I S O/TC 28, "Нефть и нефтепродукты".

Нижеследующий стандарт* принят в качестве Международного стандарта I S O 9770:1989:

Руководство по стандартам определения характеристик нефти.

Главе II.2.1М. Коэффициенты сжимаемости для углеводородов: диапазон 638 - 1074 килограммов на кубический метр.

Опубликован в августе 1984 г. Американским нефтяным институтом (API), 1220 Стрит, Нортвест, Вашингтон, Округ Колумбия 20005, США.

*Копии стандарта API можно получить в API по указанному выше адресу.

Примечания

1. С АРІ согласовано, что Центральному секретариату I S O будет предоставлено не менее 12 мес до внесения какого либо изменения в настоящий стандарт, его пересмотра или отмены.

2. Следует отметить, что АРІ указало на ошибку в публикации в августе 1984 г. и это также образует часть настоящего Международного стандарта. Соответствующее исправление имеет вид:

Ошибка

Стр. 6 (настоящего перевода), абзац 6 следует читать:

Взятый из таблицы по сжимаемостям коэффициент F равен 0,649, деленному на 1000000, или 0,000000649. Тогда

$$V_e = 1000 / (1 - 0,000000649 \times 3450) = 1002,2 \text{ м}^3.$$

3. В разделе II.2.1М указанного стандарта используется термин "молекулярный объем". В I S O 31-8:1980(E) соответствующим термином является "молярный объем" (8.6.1). Однако последующий текст и методика расчета (II.2.1.5.2М) оперирует с величиной, обратной плотности, т.е. "удельным объемом" (3.1 в I S O 31-3:1978(E)), что следует учитывать.

4. Во французском варианте настоящего Международного стандарта приведен перевод текста стандарта АРІ.

Оглавление

Глава II.2.1М. Коэффициенты сжимаемости для углеводородов: диапазон 638 - 1074 килограммов на кубический метр

	стр
II.2.1.1М. Назначение.	4
II.2.1.2М. История и разработка стандарта.	4
II.2.1.3М. База данных и границы применения настоящего стандарта	5
II.2.1.4М. Пример применения настоящего стандарта. . .	6
II.2.1.5М. Математическая модель для стандарта	7
II.2.1.5.1М. Основная модель и анализ неточности .	7
II.2.1.5.2М. Методика расчета.	10
II.2.1.6М. Литература.	12

Таблица коэффициентов сжимаемости для углеводородов в диапазоне 638 - 1074 килограммов на кубический метр в зависимости от плотности (15⁰С) и температуры, при которой проводятся измерения (°С) . . . 13

Таблицы в тексте

1 - База данных и экспериментальные условия. 8
для главы II.2.1М

2 - Анализ объемной неточности для главы. 20
II.2.1М

Рисунок

1 - Сопоставление базы данных и областей экстраполяции для главы II.2.1М . . . 7

ГЛАВА II. ДАННЫЕ ПО ФИЗИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ
РАЗДЕЛ 2. ОБЪЕМНЫЕ ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
И КОЭФФИЦИЕНТОВ СЖИМАЕМОСТИ УГЛЕВОДОРОДОВ

II.2.1М. Коэффициенты сжимаемости для углеводородов:
диапазон 638 - 1074 килограммов на кубический метр

II.2.1.1М. Назначение

Целью настоящего стандарта является исправление объемов углеводородов, измеренных под давлением, до соответствующих объемов при равновесном давлении для температуры, при которой проводили измерения. Настоящий стандарт содержит коэффициенты сжимаемости, связанные с температурой, при которой проводили измерения, и плотностью (15 °С) исследуемого материала. Соответствующей версией в обычных единицах является глава II.2.1.

II.2.1.2М. История и разработка стандарта

Предшествующий стандарт по сжимаемости (стандарт API 1101, Приложение В, табл. П) для углеводородов в диапазоне плотности 0 - 90 градусов плотности API разработали в 1945 г.

Якобсон и др.¹. Он основан на ограниченном объеме данных, полученных для чистых соединений и материалов типа смазочных масел. Стандарт IIOI также разработан без применения математической модели.

В 1981 г. рабочая группа Комитета по измерениям статистических характеристик нефти предприняла пересмотр таблиц сжимаемости Стандарта IIOI. Эта группа провела тщательный анализ литературы и обнаружила только три источника информации по сжимаемости. Полученная база данных шире, чем использованная в предшествующем стандарте. К сожалению, она недостаточно велика, чтобы охватить весь современный диапазон технического использования. Когда станут доступными новые данные, они будут включены в расширенный стандарт. Настоящий стандарт заменяет отмененный Стандарт IIOI, Приложение В, табл. П, диапазон 0 - 100 градусов плотности нефтепродуктов API.

II.2.I.3M. База данных и границы применимости настоящего стандарта

Действительным стандартом является следующая за текстом таблица. Математическую модель и стадии компьютерных расчетов, использованные для получения настоящего стандарта, не следует рассматривать в качестве стандарта. Их можно использовать для разработки компьютерных программ для различных языков программирования и различных компьютеров с целью дублирования результатов, приведенных в таблице. От API также можно получить магнитную ленту для компьютера, которая содержит ту же информацию, что и приведенная в таблице. Ленту можно использовать при разработке различных компьютерных подпрограмм.

База данных (см. табл. I) для настоящего стандарта получена из работ^{2 - 4}. Они охватывают семь сырых нефтей, пять бензинов и семь дистиллятных газойлей из средней фракции. Не включены содержащиеся в этих источниках данные по смазочным маслам. Результаты моделирования показали, что смазочные масла образуют другую группу, отличающуюся от сырых нефтей

и других рафинированных продуктов. Их включение увеличивает в два раза неточность корреляции для сжимаемости. Кроме того, смазочные масла обычно не изучаются под давлением и не требуют применения настоящего стандарта.

Границы экспериментальных данных составляют 681 - 934 кг/м³, 0 - 150 °С и 0 - 4902 кПа. В результате исследований, проведенных Комитетом по измерениям статических характеристик нефти (COSM) и Комитетом по измерениям характеристик нефти (COPM) действительные границы применения настоящего стандарта расширены и составляют: 638 - 1074 кг/м³, -30 - 90 °С и 0 - 10300 кПа. Следовательно, некоторые части настоящего стандарта относятся к экстраполированным данным (рис. 1). В этих областях экстраполяции анализ неточности, проведенный в II.2.1.5M, может не выполняться.

Шаги сетки данных настоящего стандарта равны 0,25 °С и 2 кг/м³. Интерполяция на меньшие шаги не рекомендуется.

II.2.1.4M. Пример применения настоящего стандарта

В настоящем стандарте коэффициент сжимаемости (F) используется обычным образом для исправления объема (знак "ж" обозначает умножение):

$$V_e = V_m / [1 - F \cdot (P_m - P_e)]$$

где V_e - объем при равновесном (температура начала кипения) давлении, P_e ; V_m - объем при давлении, при котором проводится измерение.

В качестве примера рассчитаем объем 1000 м³ (V_m) жидкого топлива плотностью 933,6 кг/м³ (15 °С), измеренного при давлении 3450 кПа (P_m) и 37,85 °С. Примем, что P_e равно 0 кПа. Сначала округлим плотность и температуру с точностью 2 кг/м³ и 0,25 °С, что в нашем случае приведет к значениям 934 кг/м³ и 37,75 °С. Из таблицы данных по сжимаемости следует, что коэффициент сжимаемости F равен 0,643, деленному на 1000000, т.е. равен 0,000000643.ж Тогда $V_e = 1000 / (1 - 0,000000643 \cdot ж \cdot 3450) = 1002,2 \text{ м}^3$.

Дополнительные примеры и подробности см. в Руководстве по стандартам определения характеристик нефти, глава I2.2.

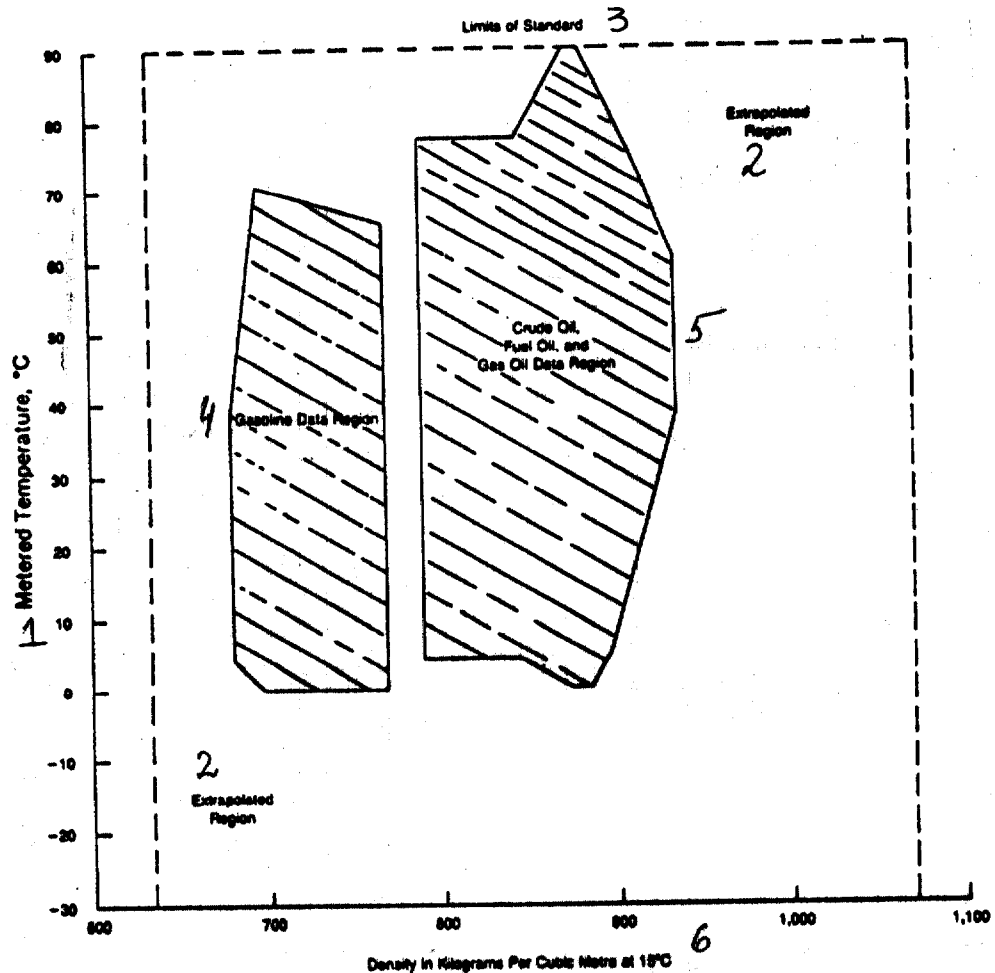


Рис. I. Сравнение базы данных и областей экстраполяции для главы II.2.1М:

I - температура проведения измерения; 2 - область экстраполяции; 3 - границы применимости стандарта; 4 - область данных для бензина; 5 - область данных для сырой нефти, жидкого топлива и газойля; 6 - плотность в кг/м³ при 15 °C

II.2.1.5М. Математическая модель для стандарта

II.2.1.5.1М. Основная модель и анализ неточности

Основная математическая модель, использованная для разработки настоящего стандарта, связывает коэффициент сжимаемости с температурой и квадратом молекулярного объема экспоненциальной зависимостью (EXP), т.е.

$$F = \text{EXP} (A + B \cdot T + C/\text{RHO}^2 + D \cdot T/\text{RHO}^2)$$

где А, В, С, и D - константы; Т - температура в °С; RHO - плотность, в г/см³ при 15 °С. Величина I/RHO пропорциональна молекулярному объему.

Таблица I
База данных и экспериментальные условия для главы II.2.1M

Sample Name and Origin	1	2	Density kg/m ³ at 15°C	3	Temperature °C	4	Pressure kPa	5	Number of Data Points	6	Reference
Crude Oils	7										
ADMEG (Zakum) export	8		825.2		4.44-76.67		0-3503		5		3
Barrow Island	9		839.5		4.44-76.67		0-3503		5		3
Libyan (Tobruk) export	10		842.5		37.78-76.67		0-3503		3		3
Iranian Light export	11		856.4		4.44-76.67		0-3503		5		3
Kuwait export	12		870.4		4.44-76.67		0-3503		5		3
Iranian Heavy export	13		872.7		4.44-76.67		0-3503		5		3
Alaskan (North Slope)	14		890.9		15.56-76.67		0-3503		4		3
Gasolines	15										
Light catalytic cracked	16		680.9		4.44-37.78		0-3399		3		4
Straight run	17		734.4		4.44-60.0		0-3399		4		4
Cracked	18		768.0		0.0-65.0		0-4902		5		2
Fighting aviation	19		697.0		0.0-70.0		0-4902		5		2
Fighting aviation	19		695.0		0.0-70.0		0-4902		5		2
Kerosine and Light Fuel Oil	20										
Kerosine (odorless)	21		789.7		4.44-76.67		0-3399		5		4
DERV			847.6		4.44-76.67		0-3399		5		4
Gas Oils and Heavy Fuels Oils	22										
Gas oil	23		833.6		4.44-76.67		0-3399		5		4
Commercial fuel oil	24		934.1		37.78-60.0		0-3399		2		4
Los Angeles basin gas oil	25		873.4		0.0-150.0		0-4902		3		2
Oklahoma gas oil	26		880.7		0.0-150.0		0-4902		3		2
Midcontinent gas oil	27		883.0		0.0-150.0		0-4902		3		2

1 - название и источник образца; 2 - плотность в кг/м³ при 15 °С; 3 - температура, °С; 4 - давление, кПа; 5 - число точек данных; 6 - литература; 7 - сырые нефти; 8 - экспортная АДМЕГ (Закум); 9 - остров Барроу; 10 - экспортная ливийская (Тобрук); 11 - экспортная легкая иранская; 12 - экспортная кувейтская; 13 - экспортная тяжелая иранская; 14 - из Аляски (Норт Слоуп); 15 - бензины; 16 - легкий бензин каталитического крекинга; 17 - бензин прямой гонки; 18 - крекинг-бензин; 19 - авиационный бензин; 20 - Керосин и легкие жидкие топлива; 21 - керосин, лишенный запаха; 22 - газойли и тяжелые жидкие топлива; 23 - газойль; 24 - продажное жидкое топливо; 25 - газойль из месторождения в Лос Анжелесе; 26 - газойль из Оклахомы; 27 - газойль из средней части континента

Следовательно, сжимаемость является результатом сочетания двух молекулярных объемов и температуры. Вышеприведенное уравнение согласуется с разработкой стандарта 2540 API (Руководство по стандартам определения характеристик нефти, глава II.I) для термического расширения углеводородов. Использование более высоких степеней величин T и RHO не приводит к дополнительному значительному уменьшению неточности коэффициента сжимаемости.

При использовании приведенного выше уравнения и базы данных максимальная неточность коэффициента сжимаемости составляет $\pm 6,5\%$ при достоверности 95%. Следовательно, в худшем случае следует ожидать, что действительный коэффициент сжимаемости для данного материала будет или на 6,5% больше, или на 6,5% меньше, чем значение в настоящем стандарте. Это утверждение справедливо только в пределах настоящей базы данных. Оно может быть неверным для областей экстраполяции настоящего стандарта.

Для оценки возможной неточности в рассчитанном объеме при равновесном давлении, полученном с использованием вышеуказанных базы данных и уравнения, использованы два подхода. Сначала было допущено, что существенной являлась только неточность в корреляции средней сжимаемости, равная $\pm 6,5\%$. При таком подходе объемная неточность должна находиться в диапазоне от 0,02 до 0,10% в зависимости от рабочих условий (табл. 2, набор А). Эти неточности согласуются с равной 0,10% максимальной неточностью, рекомендованной в исследованиях COSM и COPM.

Первый анализ объемной неточности содержит допущение о том, что средняя сжимаемость не является функцией давления. Для низких давлений это допущение является адекватным. Для более высоких давлений средняя сжимаемость будет увеличиваться при увеличении давления. Определенно неизвестно, при каком давлении этот эффект станет значительным для материалов охватываемых настоящим стандартом. Однако анализ данных Джессупа² показывает, что средняя сжимаемость при увеличении

давления, возможно, будет увеличиваться примерно на 0,00073 % на 1 кПа. Включение и неточности корреляции сжимаемости, и возможной неточности, обусловленной давлением, приводит к объемным неточностям в диапазоне от 0,03 до 0,21 % (табл. 2, набор А + В). Следовательно, использование настоящего стандарта для рабочих давлений, превышающих предельное, равное 4902 кПа, может привести к удвоению неточности рассчитанного объема по сравнению с неточностью, основанной на имеющихся данных.

Таблица 2

Анализ объемной неточности для главы II.2.IM

Mean Compressibility kPa ⁻¹	Percent Uncertainty in Volume for Various Pressures, kPa						
	2	Correlation Uncertainty Only Basis A			Correlation + Pressure Uncertainty Basis A + B		
		3447	6895	10342	3447	6895	10342
1.45 · 10 ⁻³ (Note 1) 5	0.03	0.07	0.10	0.05	0.12	0.21	
0.87 · 10 ⁻³ (Note 2) 6	0.02	0.04	0.06	0.03	0.08	0.13	

Наборы: А. при предсказании средней сжимаемости неточность корреляции составляет 6,5 %. В. При предсказании средней сжимаемости неточность из-за влияния давления² составляет 0,00073 %/кПа.

Примечания, 1. Типичное значение коэффициента сжимаемости для бензина плотностью 720 кг/м³ (15 °С) при температуре 38 °С или для жидкого топлива плотностью 800 кг/м³ при температуре 93 °С. 2. Типичное значение коэффициента сжимаемости для бензина плотностью 738 кг/м³ при температуре -7 °С и для сырой нефти плотностью 850 кг/м³ при температуре 38 °С:

1 - средний коэффициент сжимаемости, кПа⁻¹; 2 - только неточность корреляции, набор А; 3 - неточности корреляции + давления, набор А + В; 4 - объемная неточность, в %, при различных давлениях, кПа; 5 - примечание 1; 6 - примечание 2

II.2.I.5.2M. Методика расчета

Настоящая методика рекомендуется для компьютеров,

которые при работе в режиме с плавающей запятой обладают точностью в 6 или 7 значащих цифр. или более.

Стадия I: Задать температуру в °C.

$$T = \text{XX.XX}: -30.00 \leq T \leq 90.00,$$

округлить с точностью 0,25 °C с помощью:

$TT = \text{INT}(T)$: т.е. обрезание

$\text{DIFF} = T - TT$.

If $\text{DIFF} \geq 0$ then $\text{SIGN} = 1.0$ else $\text{SIGN} = -1.0$.

$\text{DIFF} = \text{ABS}(\text{DIFF})$: т.е. абсолютное значение

If $\text{DIFF} < 0.125$ then $T = TT$.

If $0.125 \leq \text{DIFF} < 0.375$ then $T = TT + 0.25 \cdot \text{SIGN}$

If $0.375 \leq \text{DIFF} < 0.625$ then $T = TT + 0.50 \cdot \text{SIGN}$

If $0.625 \leq \text{DIFF} < 0.875$ then $T = TT + 0.75 \cdot \text{SIGN}$

If $\text{DIFF} \geq 0.875$ then $T = TT + 1.00 \cdot \text{SIGN}$

Стадия 2: Задать плотность в кг/м³:

$$\text{RHO} = \text{XXXX}: 638 \leq \text{RHO} \leq 1074,$$

округлить с точностью до 2 кг/м³ с помощью

$\text{RHOH} = \text{INT}(\text{RHO}/2.0)$.

$\text{DIFF} = \text{RHO} - 2 \cdot \text{RHOH}$.

If $\text{DIFF} \geq 1.0$ then $\text{RHO} = 2 + 2 \cdot \text{RHOH}$.

Else $\text{RHO} = 2 \cdot \text{RHOH}$.

Стадия 3: Рассчитать плотность в г/см³ и квадрат плотности:

$$\text{RHO} = \text{RHO} \cdot 0.001.$$

$$\text{RHOSQR} = \text{RHO} \cdot \text{RHO} = \text{X.XXXXXX},$$

округлить с точностью 0,00001 с помощью

$$\text{RHOSQR} = \text{INT}(\text{RHOSQR} \cdot 100000.0 + 0.5) \cdot 0.00001.$$

Стадия 4: Рассчитать коэффициент сжимаемости;

$$F = \text{EXP}(-1.62080 + 0.00021592 \cdot T + 0.87096 / \text{RHOSQR} + 0.0042092 \cdot T / \text{RHOSQR}),$$

путем округления каждого члена с точностью 0,00001 следующим образом:

If $T < 0$ then $\text{SIGN} = -1.0$ else $\text{SIGN} = 1.0$.

$\text{TERM1} = -1.62080$.

$\text{TERM2} = \text{INT}(21.592 \cdot T + 0.5 \cdot \text{SIGN}) \cdot 0.00001$.

$\text{TERM3} = \text{INT}(87096.0 / \text{RHOSQR} + 0.5) \cdot 0.00001$.

$\text{TERM4} = \text{INT}(420.92 \cdot T / \text{RHOSQR} + 0.5 \cdot \text{SIGN}) \cdot 0.00001$

$F = \text{EXP}(\text{TERM1} + \text{TERM2} + \text{TERM3} + \text{TERM4})$
 $= \text{X.XXXX}$.

Затем округлить F с точностью 0,001 с помощью

$$F = \text{INT}(F \cdot 1000.0 + 0.5) \cdot 0.001.$$

Теперь F представляет собой табличное значение.

Внутренняя функция I переводит значение в форму целого числа путем отбрасывания всех знаков справа от десятичной запятой. Внутренняя экспоненциальная функция EXP должна выдать результат с точностью 0,0001.

II.2.I.6M. Литература

1. Jacobson, E. W., Ambrosius, E. E., Dashiell, J. W., and Crawford, C. L., "Second Progress Report on Study of Existing Data on Compressibility of Liquid Hydrocarbons," Report of the Central Committee on Pipe-Line Transportation, Vol. 2 (IV), p. 39-45, American Petroleum Institute, Washington, D.C., 1945.
2. Jessup, R. S., "Compressibility and Thermal Expansion of Petroleum Oils in the Range 0° to 300°C," *Bureau of Standards Journal of Research*, Vol. 5, July to December 1930, p. 985-1039, National Bureau of Standards, Washington, D.C.
3. Downer, L., and Gardiner, K. E. S., "Bulk Oil Measurement Compressibility Measurements on Crude Oils Deviations from API Standard 1101," BP Research Centre Report No. 20 587/M (8 pages), October 28, 1970.
4. Downer, L. "Bulk Oil Measurement Compressibility Data on Crude Oils and Petroleum Products Viewed as a Basis for Revised International Tables (API Standard 1101 Tables)," BP Research Centre Report No. 20 639 (21 pages), January 17, 1972.

Глава II.2.I(M) руководства API по стандартам определения характеристик нефти. Коэффициенты сжимаемости для углеводородов в диапазоне 638 - 1074 килограммов на кубический метр в зависимости от плотности (15°C) и температуры, при которой проводятся измерения ($^{\circ}\text{C}$)

Таблица

Коэффициенты сжимаемости в кПа^{-1} ; все числа разделить на 1000000

TEMP 1 DEG C	DENSITY AT 15 DEG C KILOGRAMS PER CUBIC METRE															
	926	928	930	932	934	936	938	940	942	944	946	948	950	952	954	956
30.00	0.637	0.634	0.630	0.627	0.624	0.621	0.618	0.615	0.612	0.609	0.607	0.604	0.601	0.598	0.595	0.593
30.25	0.638	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619	0.616	0.613	0.610	0.607	0.604	0.602	0.599	0.596	0.593
30.50	0.638	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.614	0.611	0.608	0.605	0.603	0.600	0.597	0.594
30.75	0.639	0.636	0.633	0.630	0.627	0.624	0.621	0.618	0.615	0.612	0.609	0.606	0.603	0.600	0.598	0.595
31.00	0.640	0.637	0.634	0.631	0.628	0.624	0.621	0.618	0.615	0.612	0.610	0.607	0.604	0.601	0.598	0.596
31.25	0.641	0.638	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.614	0.611	0.608	0.605	0.602	0.599	0.597
31.50	0.642	0.639	0.636	0.633	0.630	0.627	0.624	0.621	0.618	0.615	0.612	0.609	0.606	0.603	0.600	0.598
31.75	0.643	0.639	0.636	0.633	0.631	0.627	0.624	0.621	0.618	0.615	0.613	0.610	0.607	0.604	0.601	0.598
32.00	0.643	0.640	0.637	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619	0.616	0.613	0.610	0.608	0.605	0.602	0.599
32.25	0.644	0.641	0.638	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.614	0.611	0.608	0.605	0.603	0.600
32.50	0.645	0.642	0.639	0.636	0.633	0.630	0.627	0.624	0.621	0.618	0.615	0.612	0.609	0.606	0.603	0.601
32.75	0.646	0.643	0.640	0.637	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619	0.616	0.613	0.610	0.607	0.604	0.601
33.00	0.647	0.643	0.640	0.637	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619	0.616	0.613	0.610	0.608	0.605	0.602
33.25	0.647	0.644	0.641	0.638	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.614	0.611	0.608	0.606	0.603
33.50	0.648	0.645	0.642	0.639	0.636	0.633	0.630	0.627	0.624	0.621	0.618	0.615	0.612	0.609	0.606	0.603
33.75	0.649	0.646	0.643	0.639	0.636	0.633	0.630	0.627	0.624	0.621	0.618	0.615	0.612	0.609	0.606	0.603
34.00	0.650	0.647	0.644	0.641	0.637	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619	0.616	0.613	0.610	0.607	0.604
34.25	0.651	0.647	0.644	0.641	0.638	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.614	0.611	0.608	0.605
34.50	0.652	0.648	0.645	0.642	0.639	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.614	0.611	0.608	0.606
34.75	0.652	0.649	0.646	0.643	0.640	0.637	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619	0.616	0.613	0.610	0.607
35.00	0.653	0.650	0.647	0.643	0.640	0.637	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619	0.616	0.613	0.611	0.608
35.25	0.654	0.651	0.648	0.644	0.641	0.638	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.614	0.611	0.609
35.50	0.655	0.652	0.648	0.645	0.642	0.639	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.614	0.611	0.609
35.75	0.656	0.652	0.649	0.646	0.643	0.639	0.636	0.633	0.630	0.627	0.624	0.621	0.618	0.615	0.612	0.609
36.00	0.657	0.653	0.650	0.647	0.643	0.640	0.637	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619	0.616	0.613	0.610
36.25	0.658	0.654	0.651	0.648	0.644	0.641	0.638	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.614	0.611
36.50	0.658	0.655	0.652	0.648	0.645	0.642	0.639	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.614	0.612
36.75	0.659	0.656	0.652	0.649	0.646	0.643	0.640	0.637	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619	0.616	0.613
37.00	0.660	0.657	0.653	0.650	0.647	0.643	0.640	0.637	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619	0.616	0.614
37.25	0.661	0.657	0.654	0.651	0.648	0.644	0.641	0.638	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.614
37.50	0.662	0.658	0.655	0.652	0.648	0.645	0.642	0.639	0.636	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617	0.615
37.75	0.663	0.659	0.656	0.652	0.649	0.646	0.643	0.639	0.636	0.633	0.630	0.627	0.624	0.621	0.618	0.616
38.00	0.663	0.660	0.657	0.653	0.650	0.647	0.643	0.640	0.637	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619	0.616
38.25	0.664	0.661	0.657	0.654	0.651	0.647	0.644	0.641	0.638	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617
38.50	0.665	0.662	0.658	0.655	0.652	0.648	0.645	0.642	0.639	0.636	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620	0.617
38.75	0.666	0.663	0.660	0.657	0.653	0.650	0.647	0.644	0.641	0.638	0.635	0.632	0.629	0.626	0.623	0.618
39.00	0.667	0.663	0.660	0.657	0.653	0.650	0.647	0.643	0.640	0.637	0.634	0.631	0.628	0.625	0.622	0.619
39.25	0.668	0.664	0.661	0.657	0.654	0.651	0.648	0.645	0.642	0.639	0.636	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620
39.50	0.669	0.665	0.662	0.658	0.655	0.652	0.648	0.645	0.642	0.639	0.636	0.632	0.629	0.626	0.623	0.620
39.75	0.669	0.666	0.662	0.659	0.656	0.652	0.649	0.646	0.643	0.640	0.637	0.634	0.631	0.627	0.624	0.621

1 - температура, $^{\circ}\text{C}$; 2 - плотность при 15 $^{\circ}\text{C}$, $\text{кг}/\text{м}^3$