

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии»

Государственный научный метрологический центр

ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по развитию

А.С. Тайбинский

« 07 » декабря 2016 г.



ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

УСТАНОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ «ПРИЗМА»

Методика поверки

МП 0488-9-2016

Начальник НИО-9

К.А. Левин

Тел. отдела: +7 (843) 272-41-60

г. Казань

2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

РАЗРАБОТАНА

Федеральным государственным унитарным предприятием
Всероссийским научно - исследовательским институтом
расходомерии (ФГУП «ВНИИР»)

УТВЕРЖДЕНА

ФГУП «ВНИИР»

ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	4
2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....	4
3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ	5
4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ	6
5. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ	7
6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	7
7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	19
8. ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	24
9. ПРИЛОЖЕНИЕ Б	25
10. ПРИЛОЖЕНИЕ В	26
11. ПРИЛОЖЕНИЕ Г	29

Настоящая инструкция распространяется на установки измерительные «ПРИЗМА» (далее - установки), производимые ООО «Метрология и Автоматизация» по ТУ 3667-009-40947531-2016, и устанавливает методику и средства их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками - 4 года.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют операции, приведенные в таблице 1

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Проверка комплектности технической документации	6.1	Да	Нет
Внешний осмотр	6.2	Да	Да
Проверка идентификационных данных программного обеспечения (ПО)	6.3	Да	Да
Опробование	6.4	Да	Да
Определение метрологических характеристик (далее – МХ) установки	6.5	Да	Да

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки установки могут быть применены следующие средства поверки:

- эталоны 1-го разряда с диапазоном воспроизводимого массового расхода газожидкостной смеси, соответствующим рабочему диапазону поверяемой установки, с относительной погрешностью измерения массового расхода жидкой смеси от $\pm 0,5\%$ до $\pm 1,0\%$, с диапазоном воспроизводимого объемного расхода газа (воздуха), приведенного к стандартным условиям, соответствующим рабочему диапазону поверяемой установки, с относительной погрешностью измерения объемного расхода газа (воздуха) от $\pm 1,0\%$ до $\pm 1,5\%$.

- эталоны 2-го разряда с диапазоном воспроизводимого массового расхода газожидкостной смеси, соответствующим рабочему диапазону поверяемой установки, с относительной погрешностью измерения массового расхода жидкой смеси от $\pm 1,5\%$ до $\pm 2,0\%$, с диапазоном воспроизводимого объемного расхода газа (воздуха), приведенного к стандартным условиям, соответствующим

щим рабочему диапазону поверяемой установки, с относительной погрешностью измерения объемного расхода газа (воздуха) от $\pm 3,0\%$ до $\pm 5,0\%$.

2.2 Допускается при проведении поверки применение Государственного первичного специального эталона единицы массового расхода газожидкостных смесей ГЭТ 195-2011.

2.3 В случае проведения поэлементной поверки применяются средства поверки, указанные в методиках поверки на средства измерений, входящие в состав установки. А также могут применяться следующие средства поверки:

- калибратор измерительных каналов КИК-М (Госреестр №32639-06). Диапазон воспроизведений силы постоянного тока от 0 до 24 мА. Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведений силы постоянного тока ± 3 мкА. Диапазон воспроизведений частоты следования импульсов от 5 Гц до 1 МГц с амплитудой от 1 до 24 В. Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведений частоты следования импульсов $\pm 0,0001\%$ (Госреестр №32639-06);

- термометр сопротивления эталонного ЭТС-100 (Госреестр №19916-00). Диапазон измерений от $0,01^{\circ}\text{C}$ до $660,23^{\circ}\text{C}$, 3-ий разряд;

- манометры избыточного давления грузопоршневые МП-60 (Госреестр №16026-97). Диапазон измерений от 0,1 МПа до 6 МПа. Пределы допускаемой основной погрешности при давлениях от 10 до 100% от верхнего предела измерений: $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления;

2.4 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих требуемую точность и пределы измерений.

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, действующие в помещениях, где проводится поверка, и требования безопасности, установленные в руководстве по эксплуатации на эталонные СИ и на поверяемую установку.

3.2 Требования к квалификации поверителей.

3.2.1 Поверка установки должна проводиться метрологической службой предприятия (организации), аккредитованной в установленном порядке.

3.2.2 Поверку установки должен выполнять поверитель, изучивший технологическую схему и принцип его работы.

3.3 Оборудование, используемое при поверке и средства поверки должно иметь эксплуатационную документацию (формуляр или паспорт, техническое описание или руководство по эксплуатации).

3.4 На датчиках и приборах должны быть четкие надписи и условные знаки, обеспечивающие их безопасную эксплуатацию.

3.5 При появлении течи жидкости, прорыве газа и других ситуаций, нарушающих нормальный ход поверочных работ, поверка должна быть прекращена.

4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки установки с применением эталонов (кроме мобильных эталонных установок, работающих на реальных измерительных средах) по ГОСТ Р 8.637-2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений массового расхода многофазных потоков» соблюдаются следующие условия:

Таблица 2

№ п/п	Наименование параметра	Единицы измерения	Количество
1	Температура окружающего воздуха (внутри помещений установки)	°С	от +15 до +25
2	Относительная влажность воздуха	%	от 30 до 80
3	Атмосферное давление	кПа	от 84 до 106,7

4.2 Первичную поверку установки проводят в два этапа:

- контроль метрологических характеристик всех СИ, входящих в состав установки (поэлементным способом);

- определение допускаемой основной относительной погрешности при измерении массового расхода сырой нефти, массового расхода сырой нефти без учета воды, объемного расхода свободного нефтяного газа, приведенного к стандартным условиям.

4.3 Периодическую поверку установки проводят путем определения допускаемой основной относительной погрешности при измерении массового расхода сырой нефти, массового расхода сырой нефти без учета воды, объемного расхода свободного нефтяного газа, приведенного к стандартным условиям, или поэлементным способом в соответствии с методиками поверки на средства измерений, входящие в состав установки.

4.4 Проведение периодической поверки поэлементно допускается только в случае труднодоступного расположения установки и в случае, если ее демонтаж на длительное время недопустим.

5. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1 При подготовке к поверке проводят работы в соответствии с руководством по эксплуатации установки и эксплуатационными документами на средства измерений, входящих в состав установки. На поверку представляют установки после проведения настройки и калибровки.

5.2 Перед проведением поверки должны быть проведены следующие подготовительные работы:

- проверить наличие и сроки действия свидетельств о поверке встроенных в измерительную установку средств измерений и средств поверки;
- проверить правильность монтажа и соединений измерительной установки, средств поверки и вспомогательного оборудования в соответствии с операцией поверки;
- проверить герметичность арматуры и трубопроводов, соединяющих измерительную установку с поверочной установкой. Проверку производят внешним осмотром при выбранном значении поверочного расхода и давления на выходе установки не менее 0,1 МПа. Систему считают герметичной, если 10 минут после установления расхода и давления не наблюдается течи и капель через фланцевые, резьбовые и сварные соединения и сальники не наблюдается течи и капель через фланцевые, резьбовые и сварные соединения и сальники.

6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Проверка комплектности технической документации.

Проверяют наличие эксплуатационно-технической документации на установку и СИ, входящие в ее состав.

6.2 Внешний осмотр.

6.2.1 При внешнем осмотре устанавливают:

- отсутствие механических повреждений и дефектов, не позволяющих провести поверку;
- соответствие комплектности установки эксплуатационной документации;
- читаемость надписей и обозначений, их соответствие требованиям эксплуатационной документации.

6.3 Проверка идентификационных данных ПО.

6.3.1 Чтобы определить идентификационные данные ПО установки, необходимо выполнить нижеперечисленные процедуры для ПО, входящего в его состав:

Для контроллера Fastwel производства ЗАО «НПФ «Доломант» с ПО ПРИЗМА (ООО «Метрология и Автоматизация»):

Нажать в навигационной вкладке «Fast Sel» кнопку «О системе», в окне «О системе» отобразится название измерительной установки, версия ПО микроконтроллера, версия ПО панели и контрольная сумма CRC32.

Для контроллера R-АТМ-М производства «Аргоси Аналитика»:

Нажать в навигационной вкладке кнопку «О системе», в окне «О системе» отобразится версия ПО панели, версия ПО микроконтроллера, версия алгоритма и контрольная сумма.

6.3.2 Если полученные при этом идентификационные данные и идентификационные данные, указанные в описании типа установки, идентичны, то делают вывод о подтверждении соответствия идентификационных данных ПО. В противном случае результаты поверки признают отрицательными.

6.4 Опробование.

6.4.1 Опробование СИ, входящих в состав установки, проводят в соответствии с нормативными документами на их поверку.

6.4.2 Опробование установки проводят на эталоне 1-го или 2-го разрядов (при поверке в испытательной лаборатории), либо с применением эталона 2-го разряда на коллекторе скважины (при поверке на месте эксплуатации).

6.4.3 Опробование установки проводят путем изменения параметров потока и качественной оценки реакции на такое изменение.

6.4.4 Результаты опробования считают удовлетворительными, если при увеличении (уменьшении) значения параметров потока соответствующим образом изменялись показания установки.

6.5 Определение МХ установки.

6.5.1. Определение МХ установки проводят одним из трех способов:

- поэлементным способом;
- с помощью эталона 1-го или 2-го разрядов в испытательной лаборатории;
- с помощью эталона 2-го разряда на месте эксплуатации.

6.5.2 Допускается выполнение периодической поверки поэлементным способом в случае, предусмотренном п. 4.3 и 4.4.

6.5.2.1 Поверка поэлементным способом осуществляется в соответствии с методиками поверок на средства измерений, входящие в состав установки.

6.5.2.2 Определение относительной погрешности установки при измерениях среднего массового расхода и массы жидкости, среднего объемного расхода и объема газа

6.5.2.2.1 Произвести подключение поверяемой и поверочной установок

6.5.2.2.2 Установить расход жидкости и газа в соответствии с одним из режимов, указанных в табл. 1 (с допусаемым отклонением $\pm 5,0\%$).

6.5.2.2.3 Включить режим измерения на станции управления аппаратурного блока.

6.5.2.2.4 После окончания цикла измерений (не менее одного часа в зависимости пропускной способности измерительной установки) внести в протокол произвольной формы показания приборов поверочной установки и цифрового табло СОИ:

- массового расхода и массы жидкости поверочной установки ($G_{жi}^{пу}$), ($M_{жi}^{пу}$) и измерительной установки ($G_{жi}$), ($M_{жi}$), кг/с (т/сут), кг (т);
- объемного расхода и объема газа поверочной установки ($Q_{гi}^{пу}$), ($V_{гi}^{пу}$) и поверяемой установки $Q_{гi}$), ($V_{гi}$) м³/с (м³/сут), м³;

6.5.2.2.5 Операции по п.6.5.2.3.3-6.5.2.3.4 провести на остальных расходах, указанных в таблице 1.

6.5.2.2.6 Определить относительную погрешность установки, %:

При измерениях среднего массового расхода и массы жидкости, по формулам:

$$\delta G_{ж} = \frac{G_{жi} - G_{жi}^{пу}}{G_{жi}^{пу}} \cdot 100, \quad (8)$$

$$\delta M_{ж} = \frac{M_{жi} - M_{жi}^{пу}}{M_{жi}^{пу}} \cdot 100, \quad (9)$$

где $\delta G_{ж}$ – относительная погрешность установки при измерениях среднего массового расхода жидкости, %;

$G_{жi}$ и $G_{жi}^{пу}$ – значения среднего массового расхода жидкости, измеренные поверяемой и поверочной установками при i-том измерении, кг/с (т/сут);

$\delta M_{ж}$ – относительная погрешность установки при измерениях массы жидкости, %;

$M_{жi}$ и $M_{жi}^{пу}$ – значения массы жидкости, измеренные поверяемой и поверочной установками при i-том измерении, кг (т).

Таблица 3. Возможные режимы поверки

Режимы поверки					
I		II		III	
Расход жидкости (кг/с (т/сут))	Расход газа (м ³ /сут)	Расход жидкости (кг/с (т/сут))	Расход газа (м ³ /сут)	Расход жидкости (кг/с (т/сут))	Расход газа (м ³ /сут)

10% от максимально возможного расхода	500	50% от максимально возможного расхода	500	максимально возможный расход	1000
	1000		1000		2000
	2000		2000		3000

При измерении среднего объемного расхода и объема газа, по формулам:

$$\delta Q_{\Gamma} = \frac{Q_{\Gamma i} - Q_{\Gamma i}^{ny}}{Q_{\Gamma i}^{ny}} \cdot 100, \quad (10)$$

$$\delta V_{\Gamma} = \frac{V_{\Gamma i} - V_{\Gamma i}^{ny}}{V_{\Gamma i}^{ny}} \cdot 100, \quad (11)$$

где δQ_{Γ} – относительная погрешность установки при измерении среднего объемного расхода газа, %;

$Q_{\Gamma i}$ и $Q_{\Gamma i}^{ny}$ – значения объемного расхода газа, измеренные поверяемой и поверочной установками при i -том измерении, м³/с (м³/сут);

δV_{Γ} – относительная погрешность установки при измерении объема газа, %;

$V_{\Gamma i}$ и $V_{\Gamma i}^{ny}$ – значения объема газа, измеренные поверяемой и поверочной установками при i -том измерении, м³.

6.5.3 Допускается поэлементная поверка установки, при этом:

– определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений массы нетто сырой нефти.

Пределы относительной погрешности измерений массы сырой нефти без учета воды, δM_{H} , %, вычисляются по формуле

$$\delta M_{\text{H}} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{M_c}^2 + \left(\frac{\Delta W_{\text{B}}}{1 - \frac{W_{\text{MB}}}{100}} \right)^2} \quad (12)$$

где δ_{M_c} – пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы сепарированной сырой нефти, %;

ΔW_{B} – пределы допускаемой абсолютной погрешности определения массовой доли воды в сырой нефти, %;

W_{MB} – верхний предел измерений массовой доли воды в сепарированной сырой нефти¹, %.

¹ Устанавливается исходя из диапазона объемной доли воды в измеряемой среде для конкретного объекта, на котором используется установка. Рассчитывается для каждого поддиапазона объемной доли воды в сырой нефти для которых нормированы пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы сепарированной сырой нефти без учета воды

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений массовой доли воды в сырой нефти при определении объемной доли воды в сырой нефти с помощью влагомера вычисляют по формуле

$$\Delta W_B = \pm \frac{\Delta W \cdot \rho_B^p}{\rho_c^p}, \quad (13)$$

где ΔW – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений объемной доли воды в сепарированной сырой нефти, принимаемые равными пределам допускаемой абсолютной погрешности поточного влагомера из состава установки, %.

ρ_B^p – наибольшее значение плотности пластовой воды в рабочих условиях, кг/м³;

ρ_c^p – плотность сырой нефти в рабочих условиях соответствующая наибольшей плотности пластовой воды и наименьшей плотности обезвоженной нефти кг/м³.

Наибольшее значение плотности пластовой воды в рабочих условиях вычисляют по формуле

$$\rho_B^p = \frac{\rho_B^{ст}}{[1 + \beta_B \cdot (t - 20)] \cdot (1 - \gamma_B \cdot P)}, \quad (14)$$

где β_B – коэффициент объемного расширения воды при пересчете к стандартным условиям при наименьшей возможной температуре сепарированной сырой нефти, значение которого определяют из ПРИЛОЖЕНИЯ А, 1/°С;

γ_B – коэффициент сжимаемости воды при пересчете к стандартным условиям при наименьшей возможной температуре сепарированной сырой нефти, значение которого определяют из ПРИЛОЖЕНИЯ Б, 1/МПа;

t – наименьшая возможная температура сепарированной сырой нефти, °С;

P – наибольшее возможное давление сепарированной сырой нефти, МПа;

$\rho_B^{ст}$ – наибольшее возможное значение плотности пластовой воды при стандартных условиях, кг/м³.

Плотность сырой нефти в рабочих условиях соответствующая наибольшей плотности пластовой воды и наименьшей плотности обезвоженной нефти вычисляют по формуле

$$\rho_c^p = \rho_H^p \cdot \left(1 - \frac{W}{100}\right) + \rho_B^p \cdot \frac{W}{100}, \quad (15)$$

где ρ_H^p – плотность обезвоженной нефти в рабочих условиях, кг/м³;

W – наибольшая возможная объемная доля воды в сепарированной сырой нефти для данного поддиапазона объемной доли воды в сырой нефти, %.

Плотность сепарированной сырой нефти без учета воды в рабочих условиях вычисляют по формуле

$$\rho_H^P = \rho_H^{CT} \cdot (1 + \beta_H \cdot (20 - t)) \cdot (1 + \gamma_H \cdot P), \quad (16)$$

где

β_H – коэффициент объемного расширения сепарированной сырой нефти без учета воды при температуре 20 °С, определяемый по таблице из Р 50.2.076, 1/°С (ПРИЛОЖЕНИЕ В);

γ_H – коэффициент сжимаемости сепарированной сырой нефти без учета воды при температуре 20 °С, определяемый по таблице из Р 50.2.076, 1/МПа (ПРИЛОЖЕНИЕ Г).

В случае измерений объемной доли воды пол каналу плотности СРМ основную относительную погрешность измерений массы сырой нефти без учета воды δM_H , %, определяют по формуле:

$$\delta M_H = \pm 1,1 \sqrt{\delta M_C^2 + \delta \varphi_B^2}, \quad (17)$$

где $\delta \varphi_B$ – погрешность измерений вычисляется следующим образом:

$$\delta \varphi_B = \sqrt{(\delta \rho_C)^2 + (\delta \rho_H)^2 + (\delta \rho_B)^2}, \quad (18)$$

где $\delta \rho_C$ – пределы относительной погрешности определения плотности сырой нефти по каналу плотности СРМ, %.

$\delta \rho_H$ – пределы относительной погрешности определения плотности сырой нефти в лаборатории, %.

$\delta \rho_B$ – пределы относительной погрешности определения плотности воды в лаборатории, %.

$\delta'_{cV_{CTY}}$ – пределы относительной погрешности измерений объема свободного нефтяного газа, приведённого к стандартным условиям вычисляют по формуле

$$\delta'_{cV_{CTY}} = \sqrt{(\delta'_{Q_p})^2 + \vartheta_p^2 \cdot (\delta'_p)^2 + \vartheta_T^2 \cdot (\delta'_T)^2 + (\delta'_{BbY})^2 + (\delta'_K)^2}, \quad (19)$$

где δ'_{Q_p} – пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода свободного нефтяного газа в рабочих условиях, принимаемые равными пределам допускаемой относительной погрешности расходомера из состава установки, %;

ϑ_p – коэффициент влияния абсолютного давления на объем свободного нефтяного газа, приведенный к стандартным условиям;

δ'_p – пределы допускаемой относительной погрешности измерений абсолютного давления свободного нефтяного газа, %;

- ϑ_T – коэффициент влияния абсолютной температуры на объем свободного нефтяного газа, приведенный к стандартным условиям;
- δ'_T – пределы допускаемой относительной погрешности измерений абсолютной температуры свободного нефтяного газа, %;
- $\delta'_{\text{выч}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности вычислений объемного расхода, приведенного к стандартным условиям %;
- δ'_K – пределы относительной погрешности вычислений коэффициента сжимаемости свободного нефтяного газа, %.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений абсолютного давления вычисляют по формуле

$$\delta'_p = \sqrt{\left(\gamma_{p_0} \cdot \frac{p_{\text{ВПИ}}}{p}\right)^2 + \left(\gamma_{p_d} \cdot \frac{\Delta t_{\text{наиб}}}{\Delta t} \cdot \frac{p_{\text{ВПИ}}}{p}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{\text{ток}}}{I_{\text{ВПИ}} - I_{\text{НПИ}}} \cdot \frac{p_{\text{ВПИ}}}{p} \cdot 100\right)^2}, \quad (20)$$

где γ_{p_0} – пределы допускаемой основной приведенной погрешности датчика давления из состава установки, %;

γ_{p_d} – пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности датчика давления, вызванной отклонением температуры окружающего воздуха от нормального значения (20 °С), %;

$\Delta t_{\text{наиб}}$ – наибольшее отклонение температуры окружающего воздуха от нормального значения, °С;

Δt – отклонение температуры окружающего воздуха от нормального значения, для которого нормированы пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности, °С;

$p_{\text{ВПИ}}$ – верхний предел измерения датчика давления, МПа;

p – абсолютное давление свободного нефтяного газа, МПа;

$\Delta_{\text{ток}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности системы обработки информации установки при преобразовании входных токовых сигналов в цифровое значение измеряемых параметров, %.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений абсолютной температуры вычисляют по формуле

$$\delta'_T = \sqrt{\left(\frac{\Delta_t}{273,15+t} \cdot 100\right)^2 + \left(\gamma_{t_d} \cdot \frac{\Delta t_{\text{наиб}}}{\Delta t} \cdot \frac{t_{\text{ВПИ}} - t_{\text{НПИ}}}{273,15+t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{\text{ток}}}{I_{\text{ВПИ}} - I_{\text{НПИ}}} \cdot \frac{t_{\text{ВПИ}} - t_{\text{НПИ}}}{273,15+t} \cdot 100\right)^2}, \quad (21)$$

где Δ_t – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности датчика температуры из состава установки, %;

γ_{t_d} – пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности датчика температуры из состава установки, вызванной отклонением температуры окружающего воздуха от нормального значения (20 °С), %;

t – температура свободного нефтяного газа, °С;

$t_{\text{ВПИ}}$ – верхний предел измерений датчика температуры, °С;

$t_{\text{НПИ}}$ – нижний предел измерений датчика температуры, °С.

Пределы относительной погрешности вычислений коэффициента сжимаемости СНГ δ'_K , %, вычисляют по формуле

$$\delta'_K = \sqrt{(\delta'_{MF})^2 + \sum_{i=1}^n \vartheta_{X_i}^2 \cdot (\delta'_{X_i})^2}, \quad (22)$$

δ'_{MF} – пределы методической составляющей погрешности расчета коэффициента сжимаемости по ГСССД МР 113-03, %;

ϑ_{X_i} – коэффициент влияния молярной доли i -го компонента свободного нефтяного газа на коэффициент сжимаемости;

δ'_{X_i} – пределы погрешности определения молярной доли i -го компонента свободного нефтяного газа, %.

Пределы относительной погрешности определения молярной доли i -го компонента свободного нефтяного газа вычисляют по формуле

$$\delta'_{X_i} = \sqrt{(\delta'_{X_{i\text{уп}}})^2 + \left(\frac{\Delta'_{X_{i\text{изм}}}}{X_i} \cdot 100\right)^2}, \quad (23)$$

$\delta'_{X_{i\text{уп}}}$ – пределы составляющей относительной погрешности определения молярной доли i -го компонента свободного нефтяного газа от принятия молярной доли i -го компонента свободного нефтяного газа за условно-постоянный параметр, %;

$\Delta'_{X_{i\text{изм}}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений молярной доли i -го компонента свободного нефтяного газа, %.

Пределы составляющей относительной погрешности определения молярной доли i -го компонента свободного нефтяного газа от принятия молярной доли i -го компонента свободного нефтяного газа за условно-постоянный параметр вычисляют по формуле

$$\delta'_{X_{i\text{уп}}} = \frac{(X_{i\text{наиб}} - X_{i\text{наим}})}{(X_{i\text{наиб}} + X_{i\text{наим}})} \cdot 100, \quad (24)$$

$X_{i\text{наиб}}$ и $X_{i\text{наим}}$ – наибольшее и наименьшее значения молярной доли i -го компонента свободного нефтяного газа, %.

Коэффициент ϑ_{X_i} вычисляют по формуле

$$\vartheta_{X_i} = X_i \cdot \frac{K'_{X_i}}{K},$$
$$K'_{X_i} = \frac{\Delta K_{X_i}}{\Delta X_i},$$
(25)

где

ΔK_{X_i} – изменение значения коэффициента сжимаемости при изменении молярной доли i -го компонента СНГ на ΔX_i .

Коэффициент ϑ_T вычисляют по формуле

$$\vartheta_T = 1 + T \cdot \frac{K'_T}{K},$$
$$K'_T = \frac{\Delta K_T}{\Delta T},$$
(26)

где

ΔK_T – изменение значения коэффициента сжимаемости при изменении температуры СНГ на ΔT .

Коэффициент ϑ_p вычисляют по формуле

$$\vartheta_p = 1 - p \cdot \frac{K'_p}{K},$$
$$K'_p = \frac{\Delta K_p}{\Delta p},$$
(27)

где

ΔK_p – изменение значения коэффициента сжимаемости при изменении абсолютного давления СНГ на Δp .

Для расчета пределов относительной погрешности измерений объема свободного нефтяного газа, приведенного к стандартным условиям, допустимо применять программный комплекс «Расходомер-ИСО».

6.5.4 Определение допускаемой основной относительной погрешности при измерении массового расхода сырой нефти, массового расхода сырой нефти без учета воды, объема и объемного расхода свободного нефтяного газа, приведенного к стандартным условиям, с помощью эталона 1-го или 2-го разрядов в испытательной лаборатории.

Допускаемую основную относительную погрешность при измерении каждого параметра определяют сравнением значений каждого параметра, измеренного установкой, со значениями соответствующего параметра, измеренного эталоном 1-го или 2-го разрядов, используя в качестве измеряемой среды газожидкостную смесь из имитатора нефти, воды и газа (воздуха).

Для поверки установки на эталоне 1-го или 2-го разрядов создается газожидкостный поток с комбинацией из трех расходов смеси имитатора нефти и воды ($Q_{жс1}$, $Q_{жс2}$, $Q_{жс3}$) в трех различных объемных долях воды (10 %, 70 %, 95 %) и трех расходов газа (воздуха) ($Q_{г1}$, $Q_{г2}$, $Q_{г3}$). Расходы имитатора нефти и воды соответствуют минимальному, среднему и максимальному расходам, воспроизводимым на эталоне 1-го или 2-го разрядов.

Определение допустимых основных относительных погрешностей измерений массового расхода сырой нефти, массового расхода сырой нефти без учета воды и объема и объемного расхода газа (воздуха), приведенного к стандартным условиям, производится одновременно в каждой точке, соответствующей определенному расходу газожидкостной смеси (смеси имитатора нефти, воды и газа (воздуха)) с соответствующим соотношением компонентов. В каждой точке проводят три измерения.

6.5.3.1 Допускаемую основную относительную погрешность i -го измерения массового расхода сырой нефти, $\delta Q_{жсij}$, %, в j -ой точке определяют по формуле

$$\delta Q_{жсij} = \frac{Q_{жсij} - Q_{жсij}^э}{Q_{жсij}^э} \cdot 100, \quad (28)$$

где $i = 1 \dots 3$;

$Q_{жсij}$ – средний массовый расход жидкости (сырой нефти), измеренный установкой, т/ч;

$Q_{жсij}^э$ – средний массовый расход смеси имитатора нефти и воды, измеренный эталоном 1-го или 2-го разрядов, т/ч.

Значение допускаемой основной относительной погрешности измерений массового расхода сырой нефти не должно превышать $\pm 2,5$ %.

6.5.3.2 Допускаемую основную относительную погрешность i -го измерения массового расхода сырой нефти без учета воды, $\delta Q_{ниj}$, %, в j -ой точке определяют по формуле

$$\delta Q_{ниj} = \frac{Q_{ниj} - Q_{ниj}^э}{Q_{ниj}^э} \cdot 100, \quad (29)$$

где $i = 1 \dots 3$;

$Q_{ниj}$ – средний массовый расход нефти (сырой без учета воды), измеренный установкой, т/ч;

$Q_{ниj}^э$ – средний массовый расход имитатора нефти без учета воды, измеренный эталоном 1-го или 2-го разрядов, т/ч.

Значение допускаемой основной относительной погрешности измерений массового расхода сырой нефти без учета воды не должно превышать:

- при влагосодержании до 70% ± 6,0 %;
- при влагосодержании свыше 70% до 95% ± 15,0 %.

6.5.3.3 Допускаемую основную относительную погрешность i -го измерения объемного расхода газа (воздуха), приведенного к стандартным условиям δQ_{rij} , %, в j -ой точке определяют по формуле

$$\delta Q_{rij} = \frac{Q_{rij} - Q_{rij}^э}{Q_{rij}^э} \cdot 100, \quad (30)$$

где $i = 1 \dots 3$;

Q_{rij} – средний объемный расход газа (воздуха), приведенный к стандартным условиям, измеренный установкой, м³/ч;

$Q_{rij}^э$ – средний объемный расход газа (воздуха), приведенный к стандартным условиям, измеренный эталоном 1-го или 2-го разрядов, м³/ч.

Значение допускаемой основной относительной погрешности измерения объемного расхода газа (воздуха), приведенного к стандартным условиям, не должно превышать ± 5 %.

Установка признается прошедшей поверку, если допускаемые основные относительные погрешности измерений не превышают величин, указанных в пунктах 6.5.3.1, 6.5.3.2, 6.5.3.3.

В случае если это условие для любого i -го измерения не выполняется, проводят дополнительное измерение соответствующей величины и повторно определяют допускаемую основную относительную погрешность измерения соответствующей величины. Если после этого значение допускаемой основной относительной погрешности измерения соответствующей величины не удовлетворяет требованиям, изложенным в соответствующем пункте, то поверку прекращают до выявления и устранения причин невыполнения этих условий. После устранения причин повторно проводят серию из трех измерений соответствующей величины и определяют допускаемую основную относительную погрешность для каждого измерения. Если значения допускаемой основной относительной погрешности измерений вновь превышают значения, указанные в пунктах 6.5.3.1, 6.5.3.2 или 6.5.3.3, результаты поверки считают отрицательными.

6.5.5 Определение допускаемой основной относительной погрешности при измерении массового расхода сырой нефти, массового расхода сырой нефти без учета воды, объемного расхода свободного нефтяного газа, приведенного к стандартным условиям, с помощью эталона 2-го разряда на месте эксплуатации.

Допускаемую основную относительную погрешность при измерении каждого параметра определяют при последовательном включении в поток установки и эталона 2-го разряда путем сравнения значений каждого параметра, измеренного установкой, со значениями соответствующего параметра, измеренного эталоном 2-го разряда, используя в качестве измеряемой среды реальный флюид, поступающий из скважин(ы).

Определение допускаемых основных относительных погрешностей измерений массового расхода сырой нефти, массового расхода сырой нефти без учета воды и объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, производится одновременно на каждом скважинном флюиде с соответствующим соотношением компонентов. В каждой точке проводят три измерения.

6.5.5.1 Допускаемую основную относительную погрешность i -го измерения массового расхода сырой нефти, $\delta Q_{жij}$, %, в j -ой точке определяют по формуле

$$\delta Q_{жij} = \frac{Q_{жij} - Q_{жij}^э}{Q_{жij}^э} \cdot 100, \quad (31)$$

где $i = 1 \dots 3$;

$Q_{жij}$ – средний массовый расход жидкости (сырой нефти), измеренный установкой, т/ч;

$Q_{жij}^э$ – средний массовый расход жидкости (сырой нефти), измеренный эталоном 2-го разряда на месте эксплуатации, т/ч.

Значение допускаемой основной относительной погрешности измерений массы и массового расхода сырой нефти не должно превышать $\pm 2,5$ %.

6.5.5.2 Допускаемую основную относительную погрешность i -го измерения массового расхода сырой нефти без учета воды, δQ_{nij} , %, в j -ой точке определяют по формуле

$$\delta Q_{nij} = \frac{Q_{nij} - Q_{nij}^э}{Q_{nij}^э} \cdot 100, \quad (32)$$

где $i = 1 \dots 3$;

Q_{nij} – средний массовый расход нефти (сырой нефти без учета воды), измеренный установкой, т/ч;

$Q_{nij}^э$ – средний массовый расход нефти (сырой нефти без учета воды), измеренный эталоном 2-го разряда на месте эксплуатации, т/ч.

Значение допускаемой основной относительной погрешности измерений массового расхода сырой нефти без учета воды не должно превышать:

- при влагосодержании до 70% $\pm 6,0\%$;
- при влагосодержании свыше 70% до 95% $\pm 15,0\%$.

6.5.5.3 Допускаемую основную относительную погрешность i -го измерения объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, δQ_{rij} , %, в j -ой точке определяют по формуле

$$\delta Q_{rij} = \frac{Q_{rij} - Q_{rij}^э}{Q_{rij}^э} \cdot 100, \quad (33)$$

где $i = 1 \dots 3$;

Q_{rij} – средний объемный расход газа, приведенный к стандартным условиям, измеренный установкой, м³/ч;

Q_{rij}^a – средний объемный расход газа, приведенный к стандартным условиям, измеренный эталоном 2-го разряда на месте эксплуатации, м³/ч.

Значение допускаемой основной относительной погрешности измерения объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, не должно превышать $\pm 5\%$.

Установка признается прошедшим поверку, если допускаемые основные относительные погрешности измерений не превышают величин, указанных в пунктах 6.5.5.1, 6.5.5.2, 6.5.5.3.

В случае если это условие для любого i -го измерения не выполняется, проводят дополнительное измерение соответствующей величины и повторно определяют допускаемую основную относительную погрешность измерения соответствующей величины. Если после этого значение допускаемой основной относительной погрешности измерения соответствующей величины не удовлетворяет требованиям, изложенным в соответствующем пункте, то поверку прекращают до выявления и устранения причин невыполнения этих условий. После устранения причин повторно проводят серию из трех измерений соответствующей величины и определяют допускаемую основную относительную погрешность для каждого измерения. Если значения допускаемой основной относительной погрешности измерений вновь превышают значения, указанные в пунктах 6.5.5.1, 6.5.5.2 или 6.5.5.3, результаты поверки считают отрицательными.

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

7.2 При положительном результате поверки оформляют свидетельство о поверке в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 N 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» и допускают установку к эксплуатации.

7.3 При отрицательном результате поверки выясняют и устраняют причины отрицательного результата или проводят калибровку установки в соответствии с эксплуатационной документацией. Затем проводят повторную поверку в соответствии с данным документом.

При отрицательных результатах повторной поверки установку к эксплуатации не допускают, свидетельство о поверке аннулируют, выдают извещение о непригодности согласно Приказу Минпромторга России от 02.07.2015 N 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» с указанием причин. Установка после выдачи извещения о непригодности направляется в ремонт, утили-

зируется, либо используется для целей, не входящих в сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Средний коэффициент объемного расширения воды при пересчете к стандартным условиям, β , $1/^\circ\text{C}$

(фрагмент из «Инструкция. Алгоритмы расчета объема сырой нефти, массы нетто нефти и объема воды при их движении и хранении после первичной сепарации на оперативных узлах учета технологических объектов системы сбора и подготовки нефти», ФГУП ВНИИР 2010 г.)

Температура, $^\circ\text{C}$	Коэффициент объемного расширения воды, β , $1/^\circ\text{C}$	Температура, $^\circ\text{C}$	Коэффициент объемного расширения воды, β , $1/^\circ\text{C}$	Температура, $^\circ\text{C}$	Коэффициент объемного расширения воды, β , $1/^\circ\text{C}$
0	8,19E-05	21	2,12E-04	41	3,04E-04
1	8,93E-05	22	2,17E-04	42	3,08E-04
3	9,65E-05	23	2,22E-04	43	3,12E-04
4	1,04E-04	24	2,27E-04	44	3,16E-04
5	1,11E-04	25	2,32E-04	45	3,20E-04
6	1,17E-04	26	2,37E-04	46	3,24E-04
7	1,24E-04	27	2,42E-04	47	3,28E-04
8	1,31E-04	28	2,47E-04	48	3,32E-04
9	1,44E-04	29	2,51E-04	49	3,36E-04
10	1,50E-04	30	2,56E-04	50	3,40E-04
11	1,56E-04	31	2,61E-04	51	3,43E-04
12	1,62E-04	32	2,65E-04	52	3,47E-04
13	1,68E-04	33	2,70E-04	53	3,51E-04
14	1,74E-04	34	2,74E-04	54	3,54E-04
15	1,79E-04	35	2,79E-04	55	3,58E-04
16	1,85E-04	36	2,83E-04	56	3,62E-04
17	1,91E-04	37	2,87E-04	57	3,65E-04
18	1,96E-04	38	2,92E-04	58	3,69E-04
19	2,01E-04	39	2,96E-04	59	3,72E-04
20		40	3,00E-04	60	3,76E-04

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Средний коэффициент сжимаемости воды при пересчете к стандартным условиям, $\gamma \cdot 10^{-4}$,
1/МПа

(фрагмент из «Инструкция. Алгоритмы расчета объема сырой нефти, массы нетто нефти и объема воды при их движении и хранении после первичной сепарации на оперативных узлах учета технологических объектов системы сбора и подготовки нефти», ФГУП ВНИИР 2010 г.)

Давление, МПа	0,1	0,5	1,0	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
Температура, □									
0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
10	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
20	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
30	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
40	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
50	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
60	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица коэффициентов объемного расширения нефти (фрагмент из Р 50.2.076-2010)

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																						
	550,0	560,0	570,0	580,0	590,0	600,0	610,0	620,0	630,0	640,0	650,0	660,0	670,0	680,0	690,0	700,0	710,0	720,0	730,0	740,0	750,0	760,0	
	Коэффициент объемного расширения нефти · 10 ³ , °C ⁻¹																						
-50,0															1,339	1,302	1,266	1,231	1,198	1,166	1,135	1,105	1,077
-45,0														1,381	1,342	1,304	1,268	1,233	1,199	1,167	1,136	1,106	1,077
-40,0														1,384	1,344	1,306	1,269	1,234	1,200	1,168	1,136	1,106	1,077
-35,0													1,427	1,385	1,345	1,307	1,270	1,234	1,200	1,168	1,136	1,106	1,077
-30,0												1,428	1,386	1,346	1,307	1,270	1,234	1,200	1,167	1,136	1,106	1,077	
-25,0										1,473	1,429	1,386	1,346	1,307	1,270	1,234	1,200	1,167	1,135	1,105	1,076		
-20,0										1,472	1,428	1,385	1,345	1,306	1,269	1,233	1,199	1,166	1,134	1,104	1,075		
-15,0										1,471	1,427	1,384	1,344	1,305	1,267	1,232	1,197	1,165	1,133	1,103	1,074		
-10,0										1,516	1,470	1,425	1,382	1,342	1,303	1,266	1,230	1,196	1,163	1,132	1,101	1,073	
-5,0										1,514	1,467	1,423	1,380	1,340	1,301	1,264	1,228	1,194	1,161	1,130	1,100	1,071	
0,0										1,559	1,511	1,464	1,420	1,378	1,337	1,298	1,261	1,226	1,192	1,159	1,128	1,098	1,069
5,0										1,556	1,507	1,461	1,417	1,375	1,334	1,296	1,259	1,224	1,190	1,157	1,126	1,096	1,067
10,0									1,602	1,552	1,503	1,457	1,413	1,371	1,331	1,293	1,256	1,221	1,187	1,155	1,124	1,094	1,065
15,0									1,597	1,547	1,499	1,453	1,409	1,368	1,328	1,290	1,253	1,218	1,184	1,152	1,121	1,092	1,063
20,0								1,644	1,592	1,542	1,494	1,449	1,405	1,364	1,324	1,286	1,250	1,215	1,181	1,149	1,119	1,089	1,061
25,0								1,638	1,586	1,537	1,489	1,444	1,401	1,360	1,320	1,283	1,246	1,212	1,178	1,147	1,116	1,086	1,058
30,0						1,686	1,632	1,580	1,531	1,484	1,439	1,396	1,355	1,316	1,279	1,243	1,208	1,175	1,144	1,113	1,084	1,056	
35,0						1,679	1,625	1,574	1,525	1,479	1,434	1,392	1,351	1,312	1,275	1,239	1,205	1,172	1,140	1,110	1,081	1,053	
40,0					1,727	1,672	1,618	1,568	1,519	1,473	1,429	1,387	1,346	1,308	1,271	1,235	1,201	1,169	1,137	1,107	1,078	1,050	
45,0					1,719	1,664	1,611	1,561	1,513	1,467	1,424	1,382	1,342	1,303	1,267	1,231	1,198	1,165	1,134	1,104	1,075	1,048	
50,0				1,768	1,711	1,656	1,604	1,554	1,507	1,461	1,418	1,377	1,337	1,299	1,262	1,227	1,194	1,162	1,131	1,101	1,072	1,045	
55,0			1,818	1,759	1,702	1,648	1,597	1,547	1,500	1,455	1,412	1,371	1,332	1,294	1,258	1,223	1,190	1,158	1,127	1,098	1,069	1,042	
60,0			1,808	1,750	1,694	1,640	1,589	1,540	1,494	1,449	1,407	1,366	1,327	1,289	1,253	1,219	1,186	1,154	1,124	1,094	1,066	1,039	
65,0		1,859	1,798	1,740	1,685	1,632	1,581	1,533	1,487	1,443	1,401	1,360	1,322	1,284	1,249	1,215	1,182	1,150	1,120	1,091	1,063	1,036	
70,0		1,848	1,788	1,731	1,676	1,624	1,574	1,526	1,480	1,437	1,395	1,355	1,316	1,280	1,244	1,210	1,178	1,147	1,116	1,088	1,060	1,033	
75,0	1,900	1,837	1,778	1,721	1,667	1,615	1,566	1,519	1,474	1,430	1,389	1,349	1,311	1,275	1,240	1,206	1,174	1,143	1,113	1,084	1,056	1,030	
80,0	1,888	1,826	1,768	1,712	1,658	1,607	1,558	1,511	1,467	1,424	1,383	1,344	1,306	1,270	1,235	1,202	1,170	1,139	1,109	1,081	1,053	1,027	
85,0	1,876	1,815	1,757	1,702	1,649	1,599	1,550	1,504	1,460	1,418	1,377	1,338	1,301	1,265	1,230	1,197	1,165	1,135	1,105	1,077	1,050	1,024	
90,0	1,864	1,804	1,747	1,692	1,640	1,590	1,543	1,497	1,453	1,411	1,371	1,332	1,295	1,260	1,226	1,193	1,161	1,131	1,102	1,074	1,047	1,020	
95,0	1,853	1,793	1,737	1,683	1,631	1,582	1,535	1,489	1,446	1,405	1,365	1,327	1,290	1,255	1,221	1,188	1,157	1,127	1,098	1,070	1,043	1,017	
100,0	1,841	1,782	1,727	1,673	1,622	1,574	1,527	1,482	1,439	1,398	1,359	1,321	1,285	1,250	1,216	1,184	1,153	1,123	1,094	1,066	1,040	1,014	

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																					
	770,0	780,0	790,0	800,0	810,0	820,0	830,0	840,0	850,0	860,0	870,0	880,0	890,0	900,0	910,0	920,0	930,0	940,0	950,0	960,0	970,0	980,0
	Коэффициент объемного расширения нефти · 10 ³ , °C ⁻¹																					
-50,0	1,049	1,022	0,997	0,972	0,948	0,925	0,903	0,882	0,861	0,841	0,822	0,803	0,785	0,768	0,751	0,735	0,719	0,704	0,689	0,674	0,661	0,647
-45,0	1,049	1,023	0,997	0,972	0,948	0,925	0,903	0,882	0,861	0,841	0,822	0,803	0,785	0,768	0,751	0,734	0,719	0,703	0,688	0,674	0,660	0,647
-40,0	1,050	1,023	0,997	0,972	0,948	0,925	0,903	0,881	0,861	0,841	0,821	0,803	0,785	0,767	0,750	0,734	0,718	0,703	0,688	0,674	0,660	0,646
-35,0	1,049	1,022	0,997	0,972	0,948	0,925	0,902	0,881	0,860	0,840	0,821	0,802	0,784	0,767	0,750	0,734	0,718	0,702	0,688	0,673	0,659	0,646
-30,0	1,049	1,022	0,996	0,971	0,947	0,924	0,902	0,880	0,860	0,840	0,820	0,802	0,784	0,766	0,749	0,733	0,717	0,702	0,687	0,673	0,659	0,645
-25,0	1,048	1,021	0,995	0,970	0,946	0,923	0,901	0,880	0,859	0,839	0,820	0,801	0,783	0,766	0,749	0,732	0,717	0,701	0,687	0,672	0,658	0,645
-20,0	1,047	1,020	0,994	0,970	0,946	0,923	0,900	0,879	0,858	0,838	0,819	0,800	0,782	0,765	0,748	0,732	0,716	0,701	0,686	0,672	0,658	0,644
-15,0	1,046	1,019	0,993	0,968	0,945	0,921	0,899	0,878	0,857	0,837	0,818	0,799	0,781	0,764	0,747	0,731	0,715	0,700	0,685	0,671	0,657	0,644
-10,0	1,045	1,018	0,992	0,967	0,943	0,920	0,898	0,877	0,856	0,836	0,817	0,798	0,780	0,763	0,746	0,730	0,714	0,699	0,684	0,670	0,656	0,643
-5,0	1,043	1,016	0,991	0,966	0,942	0,919	0,897	0,876	0,855	0,835	0,816	0,797	0,780	0,762	0,745	0,729	0,714	0,698	0,684	0,669	0,656	0,642
0,0	1,041	1,015	0,989	0,964	0,941	0,918	0,896	0,874	0,854	0,834	0,815	0,796	0,778	0,761	0,745	0,728	0,713	0,698	0,683	0,669	0,655	0,642
5,0	1,040	1,013	0,987	0,963	0,939	0,916	0,894	0,873	0,853	0,833	0,814	0,795	0,777	0,760	0,744	0,727	0,712	0,697	0,682	0,668	0,654	0,641
10,0	1,038	1,011	0,986	0,961	0,938	0,915	0,893	0,872	0,851	0,831	0,812	0,794	0,776	0,759	0,743	0,726	0,711	0,696	0,681	0,667	0,653	0,640
15,0	1,036	1,009	0,984	0,959	0,936	0,913	0,891	0,870	0,850	0,830	0,811	0,793	0,775	0,758	0,741	0,725	0,710	0,695	0,680	0,666	0,653	0,639
20,0	1,033	1,007	0,982	0,957	0,934	0,911	0,890	0,869	0,848	0,829	0,810	0,792	0,774	0,757	0,740	0,724	0,709	0,694	0,679	0,665	0,652	0,638
25,0	1,031	1,005	0,980	0,955	0,932	0,910	0,888	0,867	0,847	0,827	0,808	0,790	0,773	0,756	0,739	0,723	0,708	0,693	0,678	0,664	0,651	0,638
30,0	1,029	1,003	0,978	0,953	0,930	0,908	0,886	0,865	0,845	0,826	0,807	0,789	0,771	0,754	0,738	0,722	0,707	0,692	0,677	0,663	0,650	0,637
35,0	1,026	1,000	0,975	0,951	0,928	0,906	0,884	0,864	0,844	0,824	0,806	0,787	0,770	0,753	0,737	0,721	0,706	0,691	0,676	0,662	0,649	0,636
40,0	1,024	0,998	0,973	0,949	0,926	0,904	0,883	0,862	0,842	0,823	0,804	0,786	0,769	0,752	0,735	0,720	0,704	0,690	0,675	0,661	0,648	0,635
45,0	1,021	0,995	0,971	0,947	0,924	0,902	0,881	0,860	0,840	0,821	0,802	0,785	0,767	0,750	0,734	0,718	0,703	0,689	0,674	0,660	0,647	0,634
50,0	1,018	0,993	0,968	0,945	0,922	0,900	0,879	0,858	0,838	0,819	0,801	0,783	0,766	0,749	0,733	0,717	0,702	0,687	0,673	0,659	0,646	0,633
55,0	1,016	0,990	0,966	0,942	0,920	0,898	0,877	0,856	0,837	0,818	0,799	0,781	0,764	0,748	0,732	0,716	0,701	0,686	0,672	0,658	0,645	0,632
60,0	1,013	0,988	0,963	0,940	0,917	0,896	0,875	0,854	0,835	0,816	0,798	0,780	0,763	0,746	0,730	0,715	0,700	0,685	0,671	0,657	0,644	0,631
65,0	1,010	0,985	0,961	0,938	0,915	0,894	0,873	0,852	0,833	0,814	0,796	0,778	0,761	0,745	0,729	0,713	0,698	0,684	0,670	0,656	0,643	0,630
70,0	1,007	0,982	0,958	0,935	0,913	0,891	0,871	0,850	0,831	0,812	0,794	0,777	0,760	0,743	0,727	0,712	0,697	0,683	0,669	0,655	0,642	0,629
75,0	1,004	0,979	0,956	0,933	0,910	0,889	0,868	0,848	0,829	0,811	0,792	0,775	0,758	0,742	0,726	0,711	0,696	0,681	0,667	0,654	0,641	0,628
80,0	1,001	0,976	0,953	0,930	0,908	0,887	0,866	0,846	0,827	0,808	0,791	0,773	0,756	0,740	0,724	0,709	0,694	0,680	0,666	0,653	0,640	0,627
85,0	0,998	0,973	0,950	0,927	0,905	0,884	0,864	0,844	0,825	0,807	0,789	0,771	0,755	0,739	0,723	0,708	0,693	0,679	0,665	0,651	0,638	0,626
90,0	0,995	0,971	0,948	0,925	0,903	0,882	0,862	0,842	0,823	0,805	0,787	0,770	0,753	0,737	0,722	0,708	0,692	0,678	0,664	0,650	0,637	0,625
95,0	0,992	0,968	0,945	0,923	0,901	0,880	0,860	0,840	0,821	0,803	0,785	0,768	0,752	0,736	0,720	0,705	0,690	0,676	0,663	0,649	0,636	0,624
100,0	0,989	0,965	0,942	0,920	0,898	0,878	0,858	0,838	0,819	0,801	0,784	0,767	0,750	0,734	0,719	0,704	0,689	0,675	0,661	0,648	0,635	0,623

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																				
	990,0	1000,0	1010,0	1020,0	1030,0	1040,0	1050,0	1060,0	1070,0	1080,0	1090,0	1100,0	1110,0	1120,0	1130,0	1140,0	1150,0	1160,0	1170,0	1180,0	1190,0
	Коэффициент объемного расширения нефти · 10 ³ , °C ⁻¹																				
-50,0	0,634	0,621	0,609	0,597	0,585	0,574	0,563	0,552	0,542	0,532	0,522	0,513	0,503	0,494	0,486	0,477	0,469	0,461	0,453	0,445	0,438
-45,0	0,634	0,621	0,609	0,597	0,585	0,574	0,563	0,552	0,542	0,532	0,522	0,512	0,503	0,494	0,485	0,477	0,469	0,460	0,453	0,445	0,437
-40,0	0,633	0,621	0,608	0,596	0,585	0,573	0,562	0,552	0,541	0,531	0,522	0,512	0,503	0,494	0,485	0,477	0,468	0,460	0,452	0,445	0,437
-35,0	0,633	0,620	0,608	0,596	0,584	0,573	0,562	0,551	0,541	0,531	0,521	0,512	0,503	0,494	0,485	0,476	0,468	0,460	0,452	0,444	
-30,0	0,632	0,620	0,607	0,595	0,584	0,573	0,562	0,551	0,541	0,531	0,521	0,511	0,502	0,493	0,484	0,476	0,468	0,460	0,452	0,444	
-25,0	0,632	0,619	0,607	0,595	0,583	0,572	0,561	0,551	0,540	0,530	0,521	0,511	0,502	0,493	0,484	0,476	0,467	0,459	0,451	0,444	
-20,0	0,631	0,619	0,606	0,594	0,583	0,572	0,561	0,550	0,540	0,530	0,520	0,511	0,501	0,492	0,484	0,475	0,467	0,459	0,451	0,443	
-15,0	0,631	0,618	0,606	0,594	0,582	0,571	0,560	0,550	0,539	0,529	0,520	0,510	0,501	0,492	0,483	0,475	0,467	0,459	0,451		
-10,0	0,630	0,617	0,605	0,593	0,582	0,571	0,560	0,549	0,539	0,529	0,519	0,510	0,501	0,492	0,483	0,475	0,466	0,458	0,450		
-5,0	0,629	0,617	0,605	0,593	0,581	0,570	0,559	0,549	0,538	0,528	0,519	0,509	0,500	0,491	0,483	0,474	0,466	0,458	0,450		
0,0	0,629	0,616	0,604	0,592	0,581	0,569	0,559	0,548	0,538	0,528	0,518	0,509	0,500	0,491	0,482	0,474	0,465	0,457	0,450		
5,0	0,628	0,615	0,603	0,591	0,580	0,569	0,558	0,548	0,537	0,527	0,518	0,508	0,499	0,490	0,482	0,473	0,465	0,457			
10,0	0,627	0,615	0,603	0,591	0,579	0,568	0,558	0,547	0,537	0,527	0,517	0,508	0,499	0,490	0,481	0,473	0,465	0,457			
15,0	0,626	0,614	0,602	0,590	0,579	0,568	0,557	0,546	0,536	0,526	0,517	0,507	0,498	0,489	0,481	0,472	0,464	0,456			
20,0	0,626	0,613	0,601	0,589	0,578	0,567	0,556	0,546	0,536	0,526	0,516	0,507	0,498	0,489	0,480	0,472	0,464	0,456			
25,0	0,625	0,612	0,600	0,589	0,577	0,566	0,556	0,545	0,535	0,525	0,516	0,506	0,497	0,488	0,480	0,472	0,463				
30,0	0,624	0,612	0,600	0,588	0,577	0,566	0,555	0,545	0,534	0,525	0,515	0,506	0,497	0,488	0,479	0,471	0,463				
35,0	0,623	0,611	0,599	0,587	0,576	0,565	0,554	0,544	0,534	0,524	0,515	0,505	0,496	0,487	0,479	0,471	0,462				
40,0	0,622	0,610	0,598	0,586	0,575	0,564	0,554	0,543	0,533	0,523	0,514	0,505	0,496	0,487	0,478	0,470	0,462				
45,0	0,621	0,609	0,597	0,586	0,574	0,563	0,553	0,543	0,533	0,523	0,513	0,504	0,495	0,486	0,478	0,470					
50,0	0,620	0,608	0,596	0,585	0,574	0,563	0,552	0,542	0,532	0,522	0,513	0,504	0,495	0,486	0,477	0,469					
55,0	0,619	0,607	0,595	0,584	0,573	0,562	0,551	0,541	0,531	0,522	0,512	0,503	0,494	0,485	0,477	0,469					
60,0	0,619	0,606	0,595	0,583	0,572	0,561	0,551	0,540	0,531	0,521	0,511	0,502	0,493	0,485	0,476						
65,0	0,618	0,605	0,594	0,582	0,571	0,560	0,550	0,540	0,530	0,520	0,511	0,502	0,493	0,484	0,476						
70,0	0,617	0,605	0,593	0,581	0,570	0,560	0,549	0,539	0,529	0,520	0,510	0,501	0,492	0,484	0,475						
75,0	0,616	0,604	0,592	0,581	0,570	0,559	0,548	0,538	0,528	0,519	0,510	0,500	0,492	0,483	0,475						
80,0	0,614	0,603	0,591	0,580	0,569	0,558	0,548	0,538	0,528	0,518	0,509	0,500	0,491	0,482							
85,0	0,613	0,602	0,590	0,579	0,568	0,557	0,547	0,537	0,527	0,517	0,508	0,499	0,490	0,482							
90,0	0,613	0,601	0,589	0,578	0,567	0,556	0,546	0,536	0,526	0,517	0,508	0,499	0,490	0,481							
95,0	0,612	0,600	0,588	0,577	0,566	0,556	0,545	0,535	0,526	0,516	0,507	0,498	0,489	0,481							
100,0	0,610	0,599	0,587	0,576	0,565	0,555	0,544	0,534	0,525	0,515	0,506	0,497	0,488								

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Таблица коэффициентов сжимаемости нефти (фрагмент из Р 50.2.076-2010)

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																					
	550,0	560,0	570,0	580,0	590,0	600,0	610,0	620,0	630,0	640,0	650,0	660,0	670,0	680,0	690,0	700,0	710,0	720,0	730,0	740,0	750,0	760,0
	Коэффициенты сжимаемости нефти ·10 ³ , 1/МПа																					
-20,0											1,568	1,463	1,370	1,287	1,213	1,146	1,086	1,031	0,982	0,937	0,896	0,858
-19,0											1,575	1,470	1,376	1,293	1,218	1,151	1,091	1,036	0,987	0,941	0,900	0,862
-18,0											1,582	1,476	1,383	1,299	1,224	1,157	1,096	1,041	0,991	0,946	0,904	0,866
-17,0											1,589	1,483	1,389	1,305	1,230	1,162	1,101	1,046	0,996	0,950	0,909	0,870
-16,0											1,596	1,490	1,395	1,311	1,235	1,168	1,106	1,051	1,001	0,955	0,913	0,874
-15,0											1,603	1,497	1,402	1,317	1,241	1,173	1,111	1,056	1,005	0,959	0,917	0,878
-14,0									1,731	1,610	1,503	1,408	1,323	1,247	1,178	1,117	1,061	1,010	0,964	0,921	0,882	
-13,0									1,739	1,617	1,510	1,414	1,329	1,253	1,184	1,122	1,066	1,014	0,968	0,925	0,886	
-12,0									1,746	1,624	1,516	1,421	1,335	1,258	1,189	1,127	1,070	1,019	0,972	0,930	0,891	
-11,0									1,753	1,631	1,523	1,427	1,341	1,264	1,195	1,132	1,075	1,024	0,977	0,934	0,895	
-10,0									1,761	1,638	1,530	1,433	1,347	1,270	1,200	1,137	1,080	1,028	0,981	0,938	0,899	
-9,0									1,768	1,645	1,536	1,439	1,353	1,275	1,205	1,142	1,085	1,033	0,986	0,942	0,903	
-8,0									1,775	1,652	1,543	1,446	1,359	1,281	1,211	1,147	1,090	1,038	0,990	0,947	0,907	
-7,0									1,783	1,659	1,550	1,452	1,365	1,287	1,216	1,153	1,095	1,042	0,995	0,951	0,911	
-6,0									1,790	1,666	1,556	1,458	1,371	1,292	1,222	1,158	1,100	1,047	0,999	0,955	0,915	
-5,0									1,797	1,673	1,563	1,465	1,377	1,298	1,227	1,163	1,105	1,052	1,003	0,959	0,919	
-4,0								1,945	1,804	1,680	1,569	1,471	1,383	1,304	1,232	1,168	1,110	1,056	1,008	0,963	0,923	
-3,0								1,953	1,812	1,687	1,576	1,477	1,389	1,309	1,238	1,173	1,114	1,061	1,012	0,968	0,927	
-2,0								1,961	1,819	1,694	1,583	1,483	1,395	1,315	1,243	1,178	1,119	1,066	1,017	0,972	0,931	
-1,0								1,968	1,826	1,701	1,589	1,490	1,401	1,321	1,249	1,183	1,124	1,070	1,021	0,976	0,935	
0,0								1,976	1,833	1,707	1,596	1,496	1,407	1,326	1,254	1,189	1,129	1,075	1,026	0,980	0,939	
1,0								1,983	1,841	1,714	1,602	1,502	1,413	1,332	1,259	1,194	1,134	1,080	1,030	0,985	0,943	
2,0								1,991	1,848	1,721	1,609	1,508	1,419	1,338	1,265	1,199	1,139	1,084	1,034	0,989	0,947	
3,0								1,998	1,855	1,728	1,615	1,515	1,424	1,343	1,270	1,204	1,144	1,089	1,039	0,993	0,951	
4,0								2,006	1,862	1,735	1,622	1,521	1,430	1,349	1,278	1,209	1,149	1,094	1,043	0,997	0,955	
5,0								2,013	1,869	1,742	1,628	1,527	1,436	1,355	1,281	1,214	1,154	1,098	1,048	1,002	0,959	
6,0							2,184	2,021	1,876	1,749	1,635	1,533	1,442	1,360	1,286	1,219	1,158	1,103	1,052	1,006	0,963	
7,0							2,192	2,028	1,884	1,755	1,641	1,540	1,448	1,366	1,292	1,224	1,163	1,108	1,057	1,010	0,967	
8,0							2,200	2,035	1,891	1,762	1,648	1,546	1,454	1,372	1,297	1,230	1,168	1,112	1,061	1,014	0,971	
9,0							2,207	2,043	1,898	1,769	1,655	1,552	1,460	1,377	1,302	1,235	1,173	1,117	1,066	1,019	0,975	

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																					
	550,0	560,0	570,0	580,0	590,0	600,0	610,0	620,0	630,0	640,0	650,0	660,0	670,0	680,0	690,0	700,0	710,0	720,0	730,0	740,0	750,0	760,0
	Коэффициенты сжимаемости нефти · 10 ³ , 1/МПа																					
10,0								2,215	2,050	1,905	1,776	1,661	1,558	1,466	1,383	1,308	1,240	1,178	1,122	1,070	1,023	0,979
11,0								2,223	2,058	1,912	1,783	1,668	1,564	1,472	1,389	1,313	1,245	1,183	1,126	1,074	1,027	0,983
12,0								2,230	2,065	1,919	1,790	1,674	1,571	1,478	1,394	1,319	1,250	1,188	1,131	1,079	1,031	0,987
13,0								2,238	2,073	1,926	1,796	1,681	1,577	1,484	1,400	1,324	1,255	1,193	1,136	1,083	1,035	0,992
14,0								2,246	2,080	1,933	1,803	1,687	1,583	1,490	1,406	1,329	1,260	1,198	1,140	1,088	1,040	0,996
15,0								2,253	2,087	1,941	1,810	1,694	1,589	1,496	1,411	1,335	1,265	1,202	1,145	1,092	1,044	1,000
16,0							2,450	2,261	2,095	1,948	1,817	1,700	1,596	1,502	1,417	1,340	1,271	1,207	1,150	1,097	1,048	1,004
17,0							2,458	2,269	2,102	1,955	1,824	1,707	1,602	1,507	1,422	1,346	1,276	1,212	1,154	1,101	1,053	1,008
18,0							2,466	2,276	2,110	1,962	1,830	1,713	1,608	1,513	1,428	1,351	1,281	1,217	1,159	1,106	1,057	1,012
19,0							2,474	2,284	2,117	1,969	1,837	1,720	1,614	1,519	1,434	1,356	1,286	1,222	1,164	1,110	1,061	1,016
20,0							2,481	2,292	2,124	1,976	1,844	1,726	1,620	1,525	1,439	1,362	1,291	1,227	1,168	1,115	1,065	1,020
21,0							2,489	2,299	2,132	1,983	1,851	1,732	1,626	1,531	1,445	1,367	1,296	1,232	1,173	1,119	1,070	1,024
22,0							2,497	2,307	2,139	1,990	1,857	1,739	1,633	1,537	1,451	1,372	1,301	1,237	1,178	1,123	1,074	1,028
23,0							2,505	2,315	2,146	1,997	1,864	1,745	1,639	1,543	1,456	1,378	1,306	1,242	1,182	1,128	1,078	1,032
24,0							2,513	2,322	2,154	2,004	1,871	1,752	1,645	1,549	1,462	1,383	1,312	1,246	1,187	1,132	1,082	1,036
25,0							2,521	2,330	2,161	2,011	1,878	1,758	1,651	1,555	1,468	1,389	1,317	1,251	1,192	1,137	1,087	1,040
26,0						2,746	2,529	2,337	2,168	2,018	1,884	1,765	1,657	1,561	1,473	1,394	1,322	1,256	1,196	1,141	1,091	1,044
27,0						2,754	2,536	2,345	2,176	2,025	1,891	1,771	1,664	1,566	1,479	1,399	1,327	1,261	1,201	1,146	1,095	1,049
28,0						2,762	2,544	2,352	2,183	2,032	1,898	1,778	1,670	1,572	1,484	1,405	1,332	1,266	1,206	1,150	1,099	1,053
29,0						2,770	2,552	2,360	2,190	2,039	1,905	1,784	1,676	1,578	1,490	1,410	1,337	1,271	1,210	1,155	1,104	1,057
30,0						2,778	2,560	2,368	2,198	2,046	1,911	1,791	1,682	1,584	1,496	1,415	1,342	1,276	1,215	1,159	1,108	1,061
31,0						2,786	2,568	2,375	2,205	2,053	1,918	1,797	1,688	1,590	1,501	1,421	1,348	1,281	1,220	1,164	1,112	1,065
32,0						2,794	2,575	2,383	2,212	2,060	1,925	1,803	1,694	1,596	1,507	1,426	1,353	1,286	1,224	1,168	1,117	1,069
33,0						2,802	2,583	2,390	2,219	2,067	1,932	1,810	1,700	1,602	1,513	1,431	1,358	1,291	1,229	1,173	1,121	1,073
34,0						2,810	2,591	2,398	2,227	2,074	1,938	1,816	1,707	1,608	1,518	1,437	1,363	1,295	1,234	1,177	1,125	1,077
35,0						2,818	2,599	2,405	2,234	2,081	1,945	1,823	1,713	1,614	1,524	1,442	1,368	1,300	1,238	1,182	1,129	1,081
36,0					3,075	2,826	2,607	2,413	2,241	2,088	1,952	1,829	1,719	1,619	1,529	1,448	1,373	1,305	1,243	1,186	1,134	1,085
37,0					3,083	2,834	2,614	2,420	2,249	2,095	1,958	1,836	1,725	1,625	1,535	1,453	1,378	1,310	1,248	1,191	1,138	1,089
38,0					3,091	2,842	2,622	2,428	2,256	2,102	1,965	1,842	1,731	1,631	1,541	1,458	1,383	1,315	1,252	1,195	1,142	1,094
39,0					3,099	2,850	2,630	2,436	2,263	2,109	1,972	1,848	1,737	1,637	1,546	1,464	1,389	1,320	1,257	1,199	1,146	1,098

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																					
	550,0	560,0	570,0	580,0	590,0	600,0	610,0	620,0	630,0	640,0	650,0	660,0	670,0	680,0	690,0	700,0	710,0	720,0	730,0	740,0	750,0	760,0
	Коэффициенты сжимаемости нефти · 10 ³ , 1/МПа																					
40,0					3,107	2,858	2,638	2,443	2,270	2,116	1,979	1,855	1,744	1,643	1,552	1,469	1,394	1,325	1,262	1,204	1,151	1,102
41,0					3,115	2,865	2,645	2,451	2,278	2,123	1,985	1,861	1,750	1,649	1,557	1,474	1,399	1,330	1,266	1,208	1,155	1,106
42,0					3,123	2,873	2,653	2,458	2,285	2,130	1,992	1,868	1,756	1,655	1,563	1,480	1,404	1,335	1,271	1,213	1,159	1,110
43,0					3,131	2,881	2,661	2,466	2,292	2,137	1,999	1,874	1,762	1,661	1,569	1,485	1,409	1,340	1,276	1,217	1,164	1,114
44,0					3,140	2,889	2,669	2,473	2,299	2,144	2,005	1,881	1,768	1,667	1,574	1,491	1,414	1,344	1,281	1,222	1,168	1,118
45,0					3,148	2,897	2,676	2,481	2,307	2,151	2,012	1,887	1,774	1,672	1,580	1,496	1,419	1,349	1,285	1,226	1,172	1,122
46,0				3,441	3,156	2,905	2,684	2,488	2,314	2,158	2,019	1,893	1,780	1,678	1,586	1,501	1,425	1,354	1,290	1,231	1,177	1,126
47,0				3,449	3,164	2,913	2,692	2,496	2,321	2,165	2,025	1,900	1,787	1,684	1,591	1,507	1,430	1,359	1,295	1,235	1,181	1,131
48,0				3,457	3,172	2,921	2,700	2,503	2,328	2,172	2,032	1,906	1,793	1,690	1,597	1,512	1,435	1,364	1,299	1,240	1,185	1,135
49,0				3,465	3,180	2,929	2,707	2,511	2,336	2,179	2,039	1,913	1,799	1,696	1,602	1,517	1,440	1,369	1,304	1,244	1,189	1,139
50,0				3,473	3,188	2,937	2,715	2,518	2,343	2,186	2,045	1,919	1,805	1,702	1,608	1,523	1,445	1,374	1,309	1,249	1,194	1,143
51,0				3,481	3,196	2,945	2,723	2,526	2,350	2,193	2,052	1,925	1,811	1,708	1,614	1,528	1,450	1,379	1,313	1,253	1,198	1,147
52,0				3,490	3,204	2,953	2,730	2,533	2,357	2,200	2,059	1,932	1,817	1,714	1,619	1,534	1,455	1,384	1,318	1,258	1,202	1,151
53,0				3,498	3,212	2,961	2,738	2,541	2,364	2,207	2,066	1,938	1,823	1,719	1,625	1,539	1,460	1,389	1,323	1,262	1,207	1,155
54,0				3,506	3,220	2,969	2,746	2,548	2,372	2,214	2,072	1,945	1,830	1,725	1,631	1,544	1,466	1,394	1,328	1,267	1,211	1,159
55,0			3,839	3,514	3,228	2,977	2,754	2,556	2,379	2,221	2,079	1,951	1,836	1,731	1,636	1,550	1,471	1,399	1,332	1,271	1,215	1,164
56,0			3,847	3,522	3,236	2,984	2,761	2,563	2,386	2,228	2,086	1,958	1,842	1,737	1,642	1,555	1,476	1,403	1,337	1,276	1,220	1,168
57,0			3,856	3,530	3,245	2,992	2,769	2,570	2,393	2,235	2,092	1,964	1,848	1,743	1,647	1,560	1,481	1,408	1,342	1,280	1,224	1,172
58,0			3,864	3,539	3,253	3,000	2,777	2,578	2,401	2,242	2,099	1,970	1,854	1,749	1,653	1,566	1,486	1,413	1,346	1,285	1,228	1,176
59,0			3,872	3,547	3,261	3,008	2,784	2,585	2,408	2,249	2,106	1,977	1,860	1,755	1,659	1,571	1,491	1,418	1,351	1,289	1,233	1,180
60,0			3,880	3,555	3,269	3,016	2,792	2,593	2,415	2,256	2,112	1,983	1,866	1,761	1,664	1,577	1,497	1,423	1,356	1,294	1,237	1,184
61,0			3,888	3,563	3,277	3,024	2,800	2,600	2,422	2,262	2,119	1,990	1,873	1,766	1,670	1,582	1,502	1,428	1,361	1,298	1,241	1,188
62,0			3,896	3,571	3,285	3,032	2,808	2,608	2,429	2,269	2,126	1,996	1,879	1,772	1,676	1,587	1,507	1,433	1,365	1,303	1,246	1,192
63,0			3,905	3,579	3,293	3,040	2,815	2,615	2,437	2,276	2,132	2,002	1,885	1,778	1,681	1,593	1,512	1,438	1,370	1,307	1,250	1,197
64,0			3,913	3,587	3,301	3,048	2,823	2,623	2,444	2,283	2,139	2,009	1,891	1,784	1,687	1,598	1,517	1,443	1,375	1,312	1,254	1,201
65,0		4,291	3,921	3,596	3,309	3,056	2,831	2,630	2,451	2,290	2,146	2,015	1,897	1,790	1,692	1,604	1,522	1,448	1,379	1,317	1,259	1,205
66,0		4,300	3,929	3,604	3,317	3,064	2,838	2,638	2,458	2,297	2,152	2,022	1,903	1,796	1,698	1,609	1,527	1,453	1,384	1,321	1,263	1,209
67,0		4,308	3,937	3,612	3,325	3,072	2,846	2,645	2,465	2,304	2,159	2,028	1,909	1,802	1,704	1,614	1,533	1,458	1,389	1,326	1,267	1,213
68,0		4,316	3,945	3,620	3,333	3,079	2,854	2,653	2,473	2,311	2,166	2,034	1,915	1,808	1,709	1,620	1,538	1,463	1,394	1,330	1,272	1,217
69,0		4,324	3,954	3,628	3,341	3,087	2,862	2,660	2,480	2,318	2,172	2,041	1,922	1,813	1,715	1,625	1,543	1,468	1,398	1,335	1,276	1,222

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																					
	770,0	780,0	790,0	800,0	810,0	820,0	830,0	840,0	850,0	860,0	870,0	880,0	890,0	900,0	910,0	920,0	930,0	940,0	950,0	960,0	970,0	980,0
	Коэффициенты сжимаемости нефти · 10 ³ , 1/МПа																					
-20,0	0,824	0,792	0,763	0,736	0,711	0,688	0,666	0,646	0,627	0,609	0,593	0,577	0,563	0,549	0,536	0,524	0,513	0,502	0,492	0,482	0,473	0,464
-19,0	0,828	0,796	0,766	0,739	0,714	0,691	0,669	0,649	0,630	0,612	0,595	0,580	0,565	0,552	0,539	0,526	0,515	0,504	0,494	0,484	0,475	0,466
-18,0	0,832	0,799	0,770	0,743	0,717	0,694	0,672	0,651	0,632	0,615	0,598	0,582	0,568	0,554	0,541	0,528	0,517	0,506	0,496	0,486	0,476	0,468
-17,0	0,835	0,803	0,773	0,746	0,720	0,697	0,675	0,654	0,635	0,617	0,600	0,585	0,570	0,556	0,543	0,531	0,519	0,508	0,497	0,488	0,478	0,469
-16,0	0,839	0,807	0,777	0,749	0,724	0,700	0,678	0,657	0,638	0,620	0,603	0,587	0,572	0,558	0,545	0,533	0,521	0,510	0,499	0,489	0,480	0,471
-15,0	0,843	0,810	0,780	0,753	0,727	0,703	0,681	0,660	0,640	0,622	0,605	0,589	0,575	0,560	0,547	0,535	0,523	0,512	0,501	0,491	0,482	0,473
-14,0	0,847	0,814	0,784	0,756	0,730	0,706	0,684	0,663	0,643	0,625	0,608	0,592	0,577	0,563	0,549	0,537	0,525	0,514	0,503	0,493	0,483	0,474
-13,0	0,851	0,818	0,787	0,759	0,733	0,709	0,686	0,665	0,646	0,628	0,610	0,594	0,579	0,565	0,552	0,539	0,527	0,516	0,505	0,495	0,485	0,476
-12,0	0,855	0,821	0,791	0,763	0,736	0,712	0,689	0,668	0,649	0,630	0,613	0,597	0,581	0,567	0,554	0,541	0,529	0,518	0,507	0,497	0,487	0,478
-11,0	0,858	0,825	0,794	0,766	0,740	0,715	0,692	0,671	0,651	0,633	0,615	0,599	0,584	0,569	0,556	0,543	0,531	0,520	0,509	0,499	0,489	0,480
-10,0	0,862	0,829	0,798	0,769	0,743	0,718	0,695	0,674	0,654	0,635	0,618	0,602	0,586	0,572	0,558	0,545	0,533	0,522	0,511	0,500	0,491	0,481
-9,0	0,866	0,832	0,801	0,773	0,746	0,721	0,698	0,677	0,657	0,638	0,620	0,604	0,588	0,574	0,560	0,547	0,535	0,523	0,513	0,502	0,492	0,483
-8,0	0,870	0,836	0,805	0,776	0,749	0,724	0,701	0,680	0,659	0,641	0,623	0,606	0,591	0,576	0,562	0,549	0,537	0,525	0,514	0,504	0,494	0,485
-7,0	0,874	0,840	0,808	0,779	0,752	0,727	0,704	0,682	0,662	0,643	0,625	0,609	0,593	0,578	0,565	0,551	0,539	0,527	0,516	0,506	0,496	0,486
-6,0	0,878	0,843	0,812	0,783	0,756	0,731	0,707	0,685	0,665	0,646	0,628	0,611	0,595	0,581	0,567	0,554	0,541	0,529	0,518	0,508	0,498	0,488
-5,0	0,881	0,847	0,815	0,786	0,759	0,734	0,710	0,688	0,668	0,648	0,631	0,614	0,598	0,583	0,569	0,556	0,543	0,531	0,520	0,509	0,499	0,490
-4,0	0,885	0,851	0,819	0,789	0,762	0,737	0,713	0,691	0,670	0,651	0,633	0,616	0,600	0,585	0,571	0,558	0,545	0,533	0,522	0,511	0,501	0,492
-3,0	0,889	0,854	0,822	0,793	0,765	0,740	0,716	0,694	0,673	0,654	0,636	0,619	0,603	0,587	0,573	0,560	0,547	0,535	0,524	0,513	0,503	0,493
-2,0	0,893	0,858	0,826	0,796	0,769	0,743	0,719	0,697	0,676	0,656	0,638	0,621	0,605	0,590	0,575	0,562	0,549	0,537	0,526	0,515	0,505	0,495
-1,0	0,897	0,862	0,829	0,800	0,772	0,746	0,722	0,700	0,679	0,659	0,641	0,623	0,607	0,592	0,578	0,564	0,551	0,539	0,528	0,517	0,507	0,497
0,0	0,901	0,866	0,833	0,803	0,775	0,749	0,725	0,702	0,681	0,662	0,643	0,626	0,610	0,594	0,580	0,566	0,553	0,541	0,530	0,519	0,508	0,498
1,0	0,905	0,869	0,837	0,806	0,778	0,752	0,728	0,705	0,684	0,664	0,646	0,628	0,612	0,597	0,582	0,568	0,555	0,543	0,532	0,521	0,510	0,500
2,0	0,908	0,873	0,840	0,810	0,781	0,755	0,731	0,708	0,687	0,667	0,648	0,631	0,614	0,599	0,584	0,570	0,557	0,545	0,533	0,522	0,512	0,502
3,0	0,912	0,877	0,844	0,813	0,785	0,758	0,734	0,711	0,690	0,670	0,651	0,633	0,617	0,601	0,586	0,573	0,559	0,547	0,535	0,524	0,514	0,504
4,0	0,916	0,880	0,847	0,816	0,788	0,761	0,737	0,714	0,692	0,672	0,653	0,636	0,619	0,603	0,589	0,575	0,561	0,549	0,537	0,526	0,516	0,505
5,0	0,920	0,884	0,851	0,820	0,791	0,765	0,740	0,717	0,695	0,675	0,656	0,638	0,621	0,606	0,591	0,577	0,564	0,551	0,539	0,528	0,517	0,507
6,0	0,924	0,888	0,854	0,823	0,794	0,768	0,743	0,720	0,698	0,678	0,658	0,641	0,624	0,608	0,593	0,579	0,566	0,553	0,541	0,530	0,519	0,509
7,0	0,928	0,891	0,858	0,827	0,798	0,771	0,746	0,722	0,701	0,680	0,661	0,643	0,626	0,610	0,595	0,581	0,568	0,555	0,543	0,532	0,521	0,511
8,0	0,932	0,895	0,861	0,830	0,801	0,774	0,749	0,725	0,703	0,683	0,664	0,645	0,628	0,612	0,597	0,583	0,570	0,557	0,545	0,534	0,523	0,512
9,0	0,936	0,899	0,865	0,833	0,804	0,777	0,752	0,728	0,706	0,685	0,666	0,648	0,631	0,615	0,600	0,585	0,572	0,559	0,547	0,535	0,525	0,514

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																					
	770,0	780,0	790,0	800,0	810,0	820,0	830,0	840,0	850,0	860,0	870,0	880,0	890,0	900,0	910,0	920,0	930,0	940,0	950,0	960,0	970,0	980,0
	Коэффициенты сжимаемости нефти · 10 ³ , 1/МПа																					
10,0	0,939	0,903	0,868	0,837	0,807	0,780	0,755	0,731	0,709	0,688	0,669	0,650	0,633	0,617	0,602	0,587	0,574	0,561	0,549	0,537	0,526	0,516
11,0	0,943	0,906	0,872	0,840	0,811	0,783	0,758	0,734	0,712	0,691	0,671	0,653	0,636	0,619	0,604	0,590	0,576	0,563	0,551	0,539	0,528	0,518
12,0	0,947	0,910	0,876	0,844	0,814	0,786	0,761	0,737	0,714	0,693	0,674	0,655	0,638	0,622	0,606	0,592	0,578	0,565	0,553	0,541	0,530	0,519
13,0	0,951	0,914	0,879	0,847	0,817	0,790	0,764	0,740	0,717	0,696	0,676	0,658	0,640	0,624	0,608	0,594	0,580	0,567	0,555	0,543	0,532	0,521
14,0	0,955	0,917	0,883	0,850	0,821	0,793	0,767	0,743	0,720	0,699	0,679	0,660	0,643	0,626	0,611	0,596	0,582	0,569	0,557	0,545	0,534	0,523
15,0	0,959	0,921	0,886	0,854	0,824	0,796	0,770	0,745	0,723	0,701	0,682	0,663	0,645	0,629	0,613	0,598	0,584	0,571	0,558	0,547	0,535	0,525
16,0	0,963	0,925	0,890	0,857	0,827	0,799	0,773	0,748	0,726	0,704	0,684	0,665	0,648	0,631	0,615	0,600	0,586	0,573	0,560	0,548	0,537	0,526
17,0	0,967	0,929	0,893	0,861	0,830	0,802	0,776	0,751	0,728	0,707	0,687	0,668	0,650	0,633	0,617	0,602	0,588	0,575	0,562	0,550	0,539	0,528
18,0	0,970	0,932	0,897	0,864	0,834	0,805	0,779	0,754	0,731	0,709	0,689	0,670	0,652	0,635	0,620	0,605	0,590	0,577	0,564	0,552	0,541	0,530
19,0	0,974	0,936	0,900	0,867	0,837	0,808	0,782	0,757	0,734	0,712	0,692	0,673	0,655	0,638	0,622	0,607	0,592	0,579	0,566	0,554	0,543	0,532
20,0	0,978	0,940	0,904	0,871	0,840	0,812	0,785	0,760	0,737	0,715	0,694	0,675	0,657	0,640	0,624	0,609	0,595	0,581	0,568	0,556	0,544	0,534
21,0	0,982	0,943	0,908	0,874	0,843	0,815	0,788	0,763	0,739	0,718	0,697	0,678	0,660	0,642	0,626	0,611	0,597	0,583	0,570	0,558	0,546	0,535
22,0	0,986	0,947	0,911	0,878	0,847	0,818	0,791	0,766	0,742	0,720	0,700	0,680	0,662	0,645	0,629	0,613	0,599	0,585	0,572	0,560	0,548	0,537
23,0	0,990	0,951	0,915	0,881	0,850	0,821	0,794	0,769	0,745	0,723	0,702	0,683	0,664	0,647	0,631	0,615	0,601	0,587	0,574	0,562	0,550	0,539
24,0	0,994	0,955	0,918	0,885	0,853	0,824	0,797	0,772	0,748	0,726	0,705	0,685	0,667	0,649	0,633	0,618	0,603	0,589	0,576	0,564	0,552	0,541
25,0	0,998	0,958	0,922	0,888	0,857	0,827	0,800	0,775	0,751	0,728	0,707	0,688	0,669	0,652	0,635	0,620	0,605	0,591	0,578	0,565	0,554	0,542
26,0	1,002	0,962	0,925	0,891	0,860	0,830	0,803	0,777	0,753	0,731	0,710	0,690	0,672	0,654	0,637	0,622	0,607	0,593	0,580	0,567	0,555	0,544
27,0	1,006	0,966	0,929	0,895	0,863	0,834	0,806	0,780	0,756	0,734	0,713	0,693	0,674	0,656	0,640	0,624	0,609	0,595	0,582	0,569	0,557	0,546
28,0	1,009	0,970	0,933	0,898	0,866	0,837	0,809	0,783	0,759	0,736	0,715	0,695	0,676	0,659	0,642	0,626	0,611	0,597	0,584	0,571	0,559	0,548
29,0	1,013	0,973	0,936	0,902	0,870	0,840	0,812	0,786	0,762	0,739	0,718	0,698	0,679	0,661	0,644	0,628	0,613	0,599	0,586	0,573	0,561	0,550
30,0	1,017	0,977	0,940	0,905	0,873	0,843	0,815	0,789	0,765	0,742	0,720	0,700	0,681	0,663	0,646	0,631	0,616	0,601	0,588	0,575	0,563	0,551
31,0	1,021	0,981	0,943	0,909	0,876	0,846	0,818	0,792	0,767	0,745	0,723	0,703	0,684	0,666	0,649	0,633	0,618	0,603	0,590	0,577	0,565	0,553
32,0	1,025	0,985	0,947	0,912	0,880	0,849	0,821	0,795	0,770	0,747	0,726	0,705	0,686	0,668	0,651	0,635	0,620	0,605	0,592	0,579	0,567	0,555
33,0	1,029	0,988	0,951	0,916	0,883	0,853	0,824	0,798	0,773	0,750	0,728	0,708	0,688	0,670	0,653	0,637	0,622	0,607	0,594	0,581	0,568	0,557
34,0	1,033	0,992	0,954	0,919	0,886	0,856	0,827	0,801	0,776	0,753	0,731	0,710	0,691	0,673	0,656	0,639	0,624	0,609	0,596	0,583	0,570	0,558
35,0	1,037	0,996	0,958	0,922	0,890	0,859	0,830	0,804	0,779	0,755	0,733	0,713	0,693	0,675	0,658	0,641	0,626	0,611	0,598	0,585	0,572	0,560
36,0	1,041	1,000	0,961	0,926	0,893	0,862	0,833	0,807	0,782	0,758	0,736	0,715	0,696	0,677	0,660	0,644	0,628	0,614	0,600	0,586	0,574	0,562
37,0	1,045	1,003	0,965	0,929	0,896	0,865	0,837	0,810	0,784	0,761	0,739	0,718	0,698	0,680	0,662	0,646	0,630	0,616	0,602	0,588	0,576	0,564
38,0	1,049	1,007	0,969	0,933	0,900	0,869	0,840	0,813	0,787	0,764	0,741	0,720	0,701	0,682	0,665	0,648	0,632	0,618	0,604	0,590	0,578	0,566
39,0	1,053	1,011	0,972	0,936	0,903	0,872	0,843	0,816	0,790	0,766	0,744	0,723	0,703	0,684	0,667	0,650	0,635	0,620	0,606	0,592	0,580	0,567

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																					
	770,0	780,0	790,0	800,0	810,0	820,0	830,0	840,0	850,0	860,0	870,0	880,0	890,0	900,0	910,0	920,0	930,0	940,0	950,0	960,0	970,0	980,0
	Коэффициенты сжимаемости нефти · 10 ³ , 1/МПа																					
40,0	1,056	1,015	0,976	0,940	0,906	0,875	0,846	0,818	0,793	0,769	0,747	0,725	0,706	0,687	0,669	0,652	0,637	0,622	0,608	0,594	0,581	0,569
41,0	1,060	1,018	0,979	0,943	0,909	0,878	0,849	0,821	0,796	0,772	0,749	0,728	0,708	0,689	0,671	0,655	0,639	0,624	0,610	0,596	0,583	0,571
42,0	1,064	1,022	0,983	0,947	0,913	0,881	0,852	0,824	0,799	0,774	0,752	0,730	0,710	0,692	0,674	0,657	0,641	0,626	0,612	0,598	0,585	0,573
43,0	1,068	1,026	0,987	0,950	0,916	0,884	0,855	0,827	0,801	0,777	0,754	0,733	0,713	0,694	0,676	0,659	0,643	0,628	0,614	0,600	0,587	0,575
44,0	1,072	1,030	0,990	0,954	0,919	0,888	0,858	0,830	0,804	0,780	0,757	0,736	0,715	0,696	0,678	0,661	0,645	0,630	0,616	0,602	0,589	0,577
45,0	1,076	1,033	0,994	0,957	0,923	0,891	0,861	0,833	0,807	0,783	0,760	0,738	0,718	0,699	0,681	0,663	0,647	0,632	0,618	0,604	0,591	0,578
46,0	1,080	1,037	0,997	0,961	0,926	0,894	0,864	0,836	0,810	0,785	0,762	0,741	0,720	0,701	0,683	0,666	0,649	0,634	0,620	0,606	0,593	0,580
47,0	1,084	1,041	1,001	0,964	0,929	0,897	0,867	0,839	0,813	0,788	0,765	0,743	0,723	0,703	0,685	0,668	0,652	0,636	0,622	0,608	0,594	0,582
48,0	1,088	1,045	1,005	0,967	0,933	0,900	0,870	0,842	0,816	0,791	0,768	0,746	0,725	0,706	0,687	0,670	0,654	0,638	0,624	0,610	0,596	0,584
49,0	1,092	1,049	1,008	0,971	0,936	0,904	0,873	0,845	0,819	0,794	0,770	0,748	0,728	0,708	0,690	0,672	0,656	0,640	0,626	0,612	0,598	0,586
50,0	1,096	1,052	1,012	0,974	0,939	0,907	0,876	0,848	0,821	0,796	0,773	0,751	0,730	0,710	0,692	0,675	0,658	0,642	0,628	0,613	0,600	0,587
51,0	1,100	1,056	1,016	0,978	0,943	0,910	0,880	0,851	0,824	0,799	0,776	0,753	0,733	0,713	0,694	0,677	0,660	0,644	0,630	0,615	0,602	0,589
52,0	1,104	1,060	1,019	0,981	0,946	0,913	0,883	0,854	0,827	0,802	0,778	0,756	0,735	0,715	0,697	0,679	0,662	0,647	0,632	0,617	0,604	0,591
53,0	1,108	1,064	1,023	0,985	0,950	0,917	0,886	0,857	0,830	0,805	0,781	0,759	0,737	0,718	0,699	0,681	0,664	0,649	0,634	0,619	0,606	0,593
54,0	1,112	1,068	1,027	0,988	0,953	0,920	0,889	0,860	0,833	0,807	0,784	0,761	0,740	0,720	0,701	0,683	0,667	0,651	0,636	0,621	0,608	0,595
55,0	1,116	1,071	1,030	0,992	0,956	0,923	0,892	0,863	0,836	0,810	0,786	0,764	0,742	0,722	0,703	0,686	0,669	0,653	0,638	0,623	0,610	0,597
56,0	1,120	1,075	1,034	0,995	0,960	0,926	0,895	0,866	0,839	0,813	0,789	0,766	0,745	0,725	0,706	0,688	0,671	0,655	0,640	0,625	0,611	0,598
57,0	1,124	1,079	1,037	0,999	0,963	0,929	0,898	0,869	0,841	0,816	0,792	0,769	0,747	0,727	0,708	0,690	0,673	0,657	0,642	0,627	0,613	0,600
58,0	1,128	1,083	1,041	1,002	0,966	0,933	0,901	0,872	0,844	0,818	0,794	0,771	0,750	0,730	0,710	0,692	0,675	0,659	0,644	0,629	0,615	0,602
59,0	1,132	1,087	1,045	1,006	0,970	0,936	0,904	0,875	0,847	0,821	0,797	0,774	0,752	0,732	0,713	0,695	0,677	0,661	0,646	0,631	0,617	0,604
60,0	1,135	1,090	1,048	1,009	0,973	0,939	0,907	0,878	0,850	0,824	0,800	0,776	0,755	0,734	0,715	0,697	0,680	0,663	0,648	0,633	0,619	0,606
61,0	1,139	1,094	1,052	1,013	0,976	0,942	0,911	0,881	0,853	0,827	0,802	0,779	0,757	0,737	0,717	0,699	0,682	0,665	0,650	0,635	0,621	0,608
62,0	1,143	1,098	1,056	1,016	0,980	0,946	0,914	0,884	0,856	0,830	0,805	0,782	0,760	0,739	0,720	0,701	0,684	0,667	0,652	0,637	0,623	0,609
63,0	1,147	1,102	1,059	1,020	0,983	0,949	0,917	0,887	0,859	0,832	0,808	0,784	0,762	0,742	0,722	0,704	0,686	0,669	0,654	0,639	0,625	0,611
64,0	1,151	1,106	1,063	1,023	0,987	0,952	0,920	0,890	0,862	0,835	0,810	0,787	0,765	0,744	0,724	0,706	0,688	0,672	0,656	0,641	0,627	0,613
65,0	1,155	1,109	1,067	1,027	0,990	0,955	0,923	0,893	0,864	0,838	0,813	0,789	0,767	0,746	0,727	0,708	0,690	0,674	0,658	0,643	0,629	0,615
66,0	1,159	1,113	1,070	1,030	0,993	0,959	0,926	0,896	0,867	0,841	0,816	0,792	0,770	0,749	0,729	0,710	0,693	0,676	0,660	0,645	0,630	0,617
67,0	1,163	1,117	1,074	1,034	0,997	0,962	0,929	0,899	0,870	0,843	0,818	0,795	0,772	0,751	0,731	0,713	0,695	0,678	0,662	0,647	0,632	0,619
68,0	1,167	1,121	1,078	1,037	1,000	0,965	0,932	0,902	0,873	0,846	0,821	0,797	0,775	0,754	0,734	0,715	0,697	0,680	0,664	0,649	0,634	0,621
69,0	1,171	1,125	1,081	1,041	1,003	0,968	0,936	0,905	0,876	0,849	0,824	0,800	0,777	0,756	0,736	0,717	0,699	0,682	0,666	0,651	0,636	0,622

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																				
	990,0	1000,0	1010,0	1020,0	1030,0	1040,0	1050,0	1060,0	1070,0	1080,0	1090,0	1100,0	1110,0	1120,0	1130,0	1140,0	1150,0	1160,0	1170,0	1180,0	1190,0
	Коэффициенты сжимаемости нефти · 10 ³ , 1/МПа																				
-20,0	0,458	0,448	0,441	0,433	0,427	0,420	0,414	0,408	0,402	0,397	0,391	0,388	0,382	0,377	0,373	0,368	0,364	0,360	0,356	0,353	
-19,0	0,458	0,450	0,442	0,435	0,428	0,421	0,415	0,409	0,403	0,398	0,393	0,388	0,383	0,378	0,374	0,369	0,365	0,361	0,357	0,354	
-18,0	0,459	0,451	0,444	0,436	0,429	0,423	0,417	0,410	0,405	0,399	0,394	0,389	0,384	0,379	0,375	0,370	0,366	0,362	0,358	0,355	
-17,0	0,461	0,453	0,445	0,438	0,431	0,424	0,418	0,412	0,406	0,400	0,395	0,390	0,385	0,380	0,376	0,372	0,367	0,363	0,359	0,356	
-16,0	0,463	0,454	0,447	0,439	0,432	0,426	0,419	0,413	0,407	0,402	0,396	0,391	0,386	0,382	0,377	0,373	0,368	0,364	0,360		
-15,0	0,464	0,456	0,448	0,441	0,434	0,427	0,421	0,415	0,409	0,403	0,398	0,392	0,387	0,383	0,378	0,374	0,369	0,365	0,361		
-14,0	0,466	0,458	0,450	0,442	0,435	0,429	0,422	0,416	0,410	0,404	0,399	0,394	0,389	0,384	0,379	0,375	0,371	0,366	0,362		
-13,0	0,467	0,459	0,451	0,444	0,437	0,430	0,423	0,417	0,411	0,406	0,400	0,395	0,390	0,385	0,380	0,376	0,372	0,367	0,364		
-12,0	0,469	0,461	0,453	0,445	0,438	0,431	0,425	0,419	0,413	0,407	0,401	0,396	0,391	0,386	0,381	0,377	0,373	0,369	0,365		
-11,0	0,471	0,462	0,454	0,447	0,440	0,433	0,426	0,420	0,414	0,408	0,403	0,397	0,392	0,387	0,383	0,378	0,374	0,370	0,366		
-10,0	0,472	0,464	0,456	0,448	0,441	0,434	0,428	0,421	0,415	0,409	0,404	0,398	0,393	0,388	0,384	0,379	0,375	0,371	0,367		
-9,0	0,474	0,466	0,458	0,450	0,443	0,436	0,429	0,423	0,417	0,411	0,405	0,400	0,395	0,390	0,385	0,380	0,376	0,372	0,368		
-8,0	0,476	0,467	0,459	0,451	0,444	0,437	0,430	0,424	0,418	0,412	0,406	0,401	0,396	0,391	0,386	0,381	0,377	0,373	0,369		
-7,0	0,477	0,469	0,461	0,453	0,446	0,439	0,432	0,425	0,419	0,413	0,408	0,402	0,397	0,392	0,387	0,382	0,378	0,374	0,370		
-6,0	0,479	0,471	0,462	0,455	0,447	0,440	0,433	0,427	0,420	0,415	0,409	0,403	0,398	0,393	0,388	0,384	0,379	0,375	0,371		
-5,0	0,481	0,472	0,464	0,456	0,449	0,441	0,435	0,428	0,422	0,416	0,410	0,405	0,399	0,394	0,389	0,385	0,380	0,376	0,372		
-4,0	0,482	0,474	0,465	0,458	0,450	0,443	0,436	0,429	0,423	0,417	0,411	0,406	0,401	0,395	0,391	0,386	0,381	0,377	0,373		
-3,0	0,484	0,475	0,467	0,459	0,452	0,444	0,437	0,431	0,424	0,418	0,413	0,407	0,402	0,397	0,392	0,387	0,382	0,378	0,374		
-2,0	0,486	0,477	0,469	0,461	0,453	0,446	0,439	0,432	0,426	0,420	0,414	0,408	0,403	0,398	0,393	0,388	0,383	0,379	0,375		
-1,0	0,487	0,479	0,470	0,462	0,454	0,447	0,440	0,434	0,427	0,421	0,415	0,409	0,404	0,399	0,394	0,389	0,385	0,380	0,376		
0,0	0,489	0,480	0,472	0,464	0,456	0,449	0,442	0,435	0,428	0,422	0,416	0,411	0,405	0,400	0,395	0,390	0,386	0,381	0,377		
1,0	0,491	0,482	0,473	0,465	0,457	0,450	0,443	0,436	0,430	0,424	0,418	0,412	0,406	0,401	0,396	0,391	0,387	0,382	0,378		
2,0	0,493	0,484	0,475	0,467	0,459	0,452	0,444	0,438	0,431	0,425	0,419	0,413	0,408	0,402	0,397	0,392	0,388	0,383	0,379		
3,0	0,494	0,485	0,477	0,468	0,460	0,453	0,446	0,439	0,432	0,426	0,420	0,414	0,409	0,404	0,398	0,394	0,389	0,384			
4,0	0,496	0,487	0,478	0,470	0,462	0,454	0,447	0,440	0,434	0,427	0,421	0,416	0,410	0,405	0,400	0,395	0,390	0,385			
5,0	0,498	0,488	0,480	0,471	0,463	0,456	0,449	0,442	0,435	0,429	0,423	0,417	0,411	0,406	0,401	0,396	0,391	0,386			
6,0	0,499	0,490	0,481	0,473	0,465	0,457	0,450	0,443	0,436	0,430	0,424	0,418	0,412	0,407	0,402	0,397	0,392	0,388			
7,0	0,501	0,492	0,483	0,474	0,466	0,459	0,451	0,444	0,438	0,431	0,425	0,419	0,414	0,408	0,403	0,398	0,393	0,389			
8,0	0,503	0,493	0,484	0,476	0,468	0,460	0,453	0,446	0,439	0,433	0,427	0,421	0,415	0,409	0,404	0,399	0,394	0,390			
9,0	0,504	0,495	0,486	0,478	0,469	0,462	0,454	0,447	0,440	0,434	0,428	0,422	0,416	0,411	0,405	0,400	0,395	0,391			

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																				
	990,0	1000,0	1010,0	1020,0	1030,0	1040,0	1050,0	1060,0	1070,0	1080,0	1090,0	1100,0	1110,0	1120,0	1130,0	1140,0	1150,0	1160,0	1170,0	1180,0	1190,0
	Коэффициенты сжимаемости нефти · 10 ³ , 1/МПа																				
10,0	0,506	0,497	0,488	0,479	0,471	0,463	0,456	0,449	0,442	0,435	0,429	0,423	0,417	0,412	0,407	0,401	0,397	0,392			
11,0	0,508	0,498	0,489	0,481	0,472	0,465	0,457	0,450	0,443	0,437	0,430	0,424	0,419	0,413	0,408	0,403	0,398	0,393			
12,0	0,509	0,500	0,491	0,482	0,474	0,466	0,459	0,451	0,445	0,438	0,432	0,426	0,420	0,414	0,409	0,404	0,399	0,394			
13,0	0,511	0,502	0,492	0,484	0,475	0,468	0,460	0,453	0,446	0,439	0,433	0,427	0,421	0,415	0,410	0,405	0,400	0,395			
14,0	0,513	0,503	0,494	0,485	0,477	0,469	0,461	0,454	0,447	0,441	0,434	0,428	0,422	0,417	0,411	0,406	0,401	0,396			
15,0	0,515	0,505	0,496	0,487	0,479	0,471	0,463	0,456	0,449	0,442	0,435	0,429	0,423	0,418	0,412	0,407	0,402	0,397			
16,0	0,516	0,507	0,497	0,488	0,480	0,472	0,464	0,457	0,450	0,443	0,437	0,431	0,425	0,419	0,413	0,408	0,403	0,398			
17,0	0,518	0,508	0,499	0,490	0,482	0,473	0,466	0,458	0,451	0,445	0,438	0,432	0,426	0,420	0,415	0,409	0,404	0,399			
18,0	0,520	0,510	0,500	0,492	0,483	0,475	0,467	0,460	0,453	0,446	0,439	0,433	0,427	0,421	0,416	0,410	0,405	0,400			
19,0	0,521	0,511	0,502	0,493	0,485	0,476	0,469	0,461	0,454	0,447	0,441	0,434	0,428	0,422	0,417	0,412	0,406	0,401			
20,0	0,523	0,513	0,504	0,495	0,486	0,478	0,470	0,463	0,455	0,448	0,442	0,436	0,430	0,424	0,418	0,413	0,408	0,403			
21,0	0,525	0,515	0,505	0,496	0,488	0,479	0,471	0,464	0,457	0,450	0,443	0,437	0,431	0,425	0,419	0,414	0,409	0,404			
22,0	0,527	0,516	0,507	0,498	0,489	0,481	0,473	0,465	0,458	0,451	0,444	0,438	0,432	0,426	0,420	0,415	0,410				
23,0	0,528	0,518	0,509	0,499	0,491	0,482	0,474	0,467	0,459	0,452	0,446	0,439	0,433	0,427	0,422	0,416	0,411				
24,0	0,530	0,520	0,510	0,501	0,492	0,484	0,476	0,468	0,461	0,454	0,447	0,441	0,434	0,428	0,423	0,417	0,412				
25,0	0,532	0,522	0,512	0,503	0,494	0,485	0,477	0,470	0,462	0,455	0,448	0,442	0,436	0,430	0,424	0,418	0,413				
26,0	0,533	0,523	0,513	0,504	0,495	0,487	0,479	0,471	0,464	0,456	0,450	0,443	0,437	0,431	0,425	0,420	0,414				
27,0	0,535	0,525	0,515	0,506	0,497	0,488	0,480	0,472	0,465	0,458	0,451	0,444	0,438	0,432	0,426	0,421	0,415				
28,0	0,537	0,527	0,517	0,507	0,498	0,490	0,482	0,474	0,466	0,459	0,452	0,446	0,439	0,433	0,427	0,422	0,416				
29,0	0,539	0,528	0,518	0,509	0,500	0,491	0,483	0,475	0,468	0,460	0,454	0,447	0,441	0,434	0,429	0,423	0,418				
30,0	0,540	0,530	0,520	0,510	0,501	0,493	0,484	0,477	0,469	0,462	0,455	0,448	0,442	0,436	0,430	0,424	0,419				
31,0	0,542	0,532	0,522	0,512	0,503	0,494	0,486	0,478	0,470	0,463	0,456	0,449	0,443	0,437	0,431	0,425	0,420				
32,0	0,544	0,533	0,523	0,514	0,504	0,496	0,487	0,479	0,472	0,464	0,457	0,451	0,444	0,438	0,432	0,426	0,421				
33,0	0,546	0,535	0,525	0,515	0,506	0,497	0,489	0,481	0,473	0,466	0,459	0,452	0,446	0,439	0,433	0,428	0,422				
34,0	0,547	0,537	0,526	0,517	0,508	0,499	0,490	0,482	0,475	0,467	0,460	0,453	0,447	0,441	0,435	0,429	0,423				
35,0	0,549	0,538	0,528	0,518	0,509	0,500	0,492	0,484	0,476	0,469	0,461	0,455	0,448	0,442	0,436	0,430	0,424				
36,0	0,551	0,540	0,530	0,520	0,511	0,502	0,493	0,485	0,477	0,470	0,463	0,456	0,449	0,443	0,437	0,431	0,425				
37,0	0,553	0,542	0,531	0,522	0,512	0,503	0,495	0,487	0,479	0,471	0,464	0,457	0,451	0,444	0,438	0,432	0,427				
38,0	0,554	0,543	0,533	0,523	0,514	0,505	0,496	0,488	0,480	0,473	0,465	0,458	0,452	0,445	0,439	0,433	0,428				
39,0	0,556	0,545	0,535	0,525	0,515	0,506	0,498	0,489	0,481	0,474	0,467	0,460	0,453	0,447	0,440	0,435	0,429				

t, °C	Плотность нефти при температуре t, °C																				
	990,0	1000,0	1010,0	1020,0	1030,0	1040,0	1050,0	1060,0	1070,0	1080,0	1090,0	1100,0	1110,0	1120,0	1130,0	1140,0	1150,0	1160,0	1170,0	1180,0	1190,0
	Коэффициенты сжимаемости нефти · 10 ³ , 1/МПа																				
40,0	0,558	0,547	0,536	0,526	0,517	0,508	0,499	0,491	0,483	0,475	0,468	0,461	0,454	0,448	0,442	0,436	0,430				
41,0	0,560	0,548	0,538	0,528	0,518	0,509	0,501	0,492	0,484	0,477	0,469	0,462	0,456	0,449	0,443	0,437					
42,0	0,561	0,550	0,540	0,530	0,520	0,511	0,502	0,494	0,486	0,478	0,471	0,464	0,457	0,450	0,444	0,438					
43,0	0,563	0,552	0,541	0,531	0,522	0,512	0,504	0,495	0,487	0,479	0,472	0,465	0,458	0,451	0,445	0,439					
44,0	0,565	0,554	0,543	0,533	0,523	0,514	0,505	0,497	0,488	0,481	0,473	0,466	0,459	0,453	0,446	0,440					
45,0	0,567	0,555	0,545	0,534	0,525	0,515	0,506	0,498	0,490	0,482	0,475	0,467	0,461	0,454	0,448	0,441					
46,0	0,568	0,557	0,546	0,536	0,526	0,517	0,508	0,499	0,491	0,483	0,476	0,469	0,462	0,455	0,449	0,443					
47,0	0,570	0,559	0,548	0,538	0,528	0,518	0,509	0,501	0,493	0,485	0,477	0,470	0,463	0,456	0,450	0,444					
48,0	0,572	0,560	0,550	0,539	0,529	0,520	0,511	0,502	0,494	0,486	0,479	0,471	0,464	0,458	0,451	0,445					
49,0	0,574	0,562	0,551	0,541	0,531	0,521	0,512	0,504	0,495	0,487	0,480	0,473	0,466	0,459	0,452	0,446					
50,0	0,575	0,564	0,553	0,542	0,532	0,523	0,514	0,505	0,497	0,489	0,481	0,474	0,467	0,460	0,454	0,447					
51,0	0,577	0,566	0,555	0,544	0,534	0,524	0,515	0,507	0,498	0,490	0,483	0,475	0,468	0,461	0,455	0,449					
52,0	0,579	0,567	0,556	0,546	0,536	0,526	0,517	0,508	0,500	0,492	0,484	0,476	0,469	0,463	0,456	0,450					
53,0	0,581	0,569	0,558	0,547	0,537	0,528	0,518	0,510	0,501	0,493	0,485	0,478	0,471	0,464	0,457	0,451					
54,0	0,582	0,571	0,560	0,549	0,539	0,529	0,520	0,511	0,502	0,494	0,487	0,479	0,472	0,465	0,458	0,452					
55,0	0,584	0,572	0,561	0,551	0,540	0,531	0,521	0,512	0,504	0,496	0,488	0,480	0,473	0,466	0,460	0,453					
56,0	0,586	0,574	0,563	0,552	0,542	0,532	0,523	0,514	0,505	0,497	0,489	0,482	0,474	0,467	0,461	0,454					
57,0	0,588	0,576	0,565	0,554	0,544	0,534	0,524	0,515	0,507	0,498	0,491	0,483	0,476	0,469	0,462	0,456					
58,0	0,590	0,578	0,566	0,555	0,545	0,535	0,526	0,517	0,508	0,500	0,492	0,484	0,477	0,470	0,463	0,457					
59,0	0,591	0,579	0,568	0,557	0,547	0,537	0,527	0,518	0,510	0,501	0,493	0,486	0,478	0,471	0,464	0,458					
60,0	0,593	0,581	0,570	0,559	0,548	0,538	0,529	0,520	0,511	0,503	0,495	0,487	0,480	0,472	0,466						
61,0	0,595	0,583	0,571	0,560	0,550	0,540	0,530	0,521	0,512	0,504	0,496	0,488	0,481	0,474	0,467						
62,0	0,597	0,585	0,573	0,562	0,551	0,541	0,532	0,523	0,514	0,505	0,497	0,490	0,482	0,475	0,468						
63,0	0,598	0,586	0,575	0,564	0,553	0,543	0,533	0,524	0,515	0,507	0,499	0,491	0,483	0,476	0,469						
64,0	0,600	0,588	0,576	0,565	0,555	0,544	0,535	0,526	0,517	0,508	0,500	0,492	0,485	0,477	0,471						
65,0	0,602	0,590	0,578	0,567	0,556	0,546	0,536	0,527	0,518	0,510	0,501	0,493	0,486	0,479	0,472						
66,0	0,604	0,592	0,580	0,569	0,558	0,548	0,538	0,528	0,519	0,511	0,503	0,495	0,487	0,480	0,473						
67,0	0,606	0,593	0,581	0,570	0,559	0,549	0,539	0,530	0,521	0,512	0,504	0,496	0,488	0,481	0,474						
68,0	0,607	0,595	0,583	0,572	0,561	0,551	0,541	0,531	0,522	0,514	0,505	0,497	0,490	0,482	0,475						
69,0	0,609	0,597	0,585	0,573	0,563	0,552	0,542	0,533	0,524	0,515	0,507	0,499	0,491	0,484	0,477						