



УДК 622: 338

## СПОСОБЫ РАСЧЕТА ПЕРЕВОДНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКЕ

### METHODS FOR EVALUATION THE CONVERSION FACTORS FOR VARIOUS HYDROCARBONS DURING THEIR JOINT TRANSPORTATION

**Мехтиев Фуад Рагим оглы**  
НИПИ «Нефтегаз» Азербайджан

**Mehdiyev Fuad Rahim oqlu**  
Oil Gaz Scientific Research Project  
Institute, Baku, Azerbaijan

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема суммарного учета нефти и конденсата, перекачиваемого посредством одних и тех же транспортных коммуникаций нефтяных месторождений SOCAR. Проанализирован отечественный и мировой опыт сравнения ценности различных углеводородов на основе таких технико-экономических понятий, как топливные и нефтяные эквиваленты. Предложены варианты расчетов коэффициентов замены газового конденсата на нефтяное «топливо» по тепловым эквивалентам, по баррелю нефтяного эквивалента, по теплопроводности жидких углеводородов, не пересчитывая их количество в условное топливо.

**Annotation.** The article considers the problem of total calculation of oil and condensate, pumped through the same transport communications of SOCAR oil fields. The domestic and world experience of comparing the value of various hydrocarbons based on such technical and economic concepts as fuel and oil equivalents is analyzed. Options for calculating are proposed making use of thermal equivalent, barrel of oil equivalent and thermal conduction capacity of liquid hydrocarbons, without translating replacement factor quantity of gas condensate with oil «fuel» into standard fuel.

**Ключевые слова:** суммарный учет нефти и газового конденсата, условное топливо, топливный эквивалент, баррель нефтяного эквивалента, теплота сгорания, коэффициент теплопроводности.

**Keywords:** total calculation of oil and gas condensate, standard fuel, fuel equivalent, barrel of oil equivalent, heat of combustion, thermal conductivity coefficient.

На морских месторождениях сбор, подготовка нефти, газа и газового конденсата осуществляются в сложных условиях [1]. Многие нефтяные компании осуществляют добычу, транспортировку и реализацию газового конденсата вместе с нефтью. Технологически это возможно ввиду значительного сходства физических свойств данных видов углеводородов. И нефть, и конденсат состоят из одних и тех же химических элементов. Разница между ними состоит в том, что эти химические элементы содержатся в них в разном количестве, что влияет на их плотность. Из-за этой разницы возникают затруднения на нефтедобывающих предприятиях при суммарном учете нефти и конденсата, при планировании их расхода и контроле над их потреблением.

Для измерения количества нефти и конденсата применяют как единицы объема и массы, так и единицы энергии. Поэтому для сравнения ценности различных углеводородов и вариантов замен одного топлива другим, введены такие технико-экономические понятия, как условное топливо и топливные эквиваленты.

Переводным коэффициентом при этом выступает теплотворная способность топлива или теплота сгорания топлива, которая может выражаться в различных энергетических единицах, отнесенных к единице объема или массы углеводородов. В качестве единицы условного топлива в нашей стране принимается топливо, которое имеет низшую теплоту сгорания, равную 7000 ккал/кг (29307,6 кДж/кг).

Международное энергетическое агентство (IEA), которое является автономным международным органом Организации Экономического Сотрудничества и Развития (ОЭСР), принимает за единицу – нефтяной эквивалент ТОЕ (Tonne of oil equivalent). Нефтяной эквивалент означает условный вид топлива, у которого наименьшая теплота сгорания берется за 10000 ккал/кг или за 41,87 мДж/кг. В некоторых странах за единицу принимается – баррель нефтяного эквивалента (BOE).

При разработке нефтегазовых морских месторождений Апшерона газовый конденсат перекачивается на сушу посредством транспортных коммуникаций нефтяных месторождений Государственной нефтяной компании SOCAR [2]. Во время перекачки по трубопроводу газовый конденсат смешивается с сырой нефтью, добываемой с этих месторождений. В рамках проекта на транспортировку объемов добытого конденсата и нефти по трубопроводу Баку-Тбилиси-Джейхан (БТД) при суммарном их учете необходимо рассчитать коэффициент замещения конденсата нефтью.



Чтобы сравнить нефть и газовый конденсат, закачиваемые в одну линию трубопровода, в практике используется метод пересчета их количества в тонны условного топливного или нефтяного эквивалента.

Для упрощения расчетов, в зависимости от наличия тех или иных исходных данных по физическим свойствам и компонентному составу разных видов жидких углеводородов, на основе вышеуказанных базовых методов, в статье предлагается несколько способов расчета коэффициента перевода газового конденсата в нефтяное «топливо».

### **Расчет коэффициента перевода газового конденсата в нефтяное «топливо» по тепловому эквиваленту**

Наиболее важной энергетической характеристикой углеводородов является удельная теплота сгорания. Удельная теплота сгорания каждого вида углеводородов зависит от его горючих составляющих (углерода, водорода, серы и др.), а также от его влажности.

Для сравнения разных видов углеводородов введено понятие – условное топливо. Чтобы перевести любое топливо в условное и потом сравнить его с другими, необходимо теплоту сгорания данного топлива разделить на теплоту сгорания условного топлива. Полученное число представляет собой calorific или тепловой эквивалент данного топлива и показывает, во сколько раз реальное топливо выделяет больше или меньше теплоты по сравнению с условным.

В практике для расчетов обычно применяется низшая теплотворная способность топлива, которая учитывает тепловые потери с парами воды.

Расчет низшей теплоты сгорания для жидких видов углеводородов определяется по формуле Менделеева [3]:

$$Q_H = 339,13 \times \% C + 1029,95 \times \% H - 108,86 \times (\% O - \% S) - 25,12 \times \% W, \text{ кДж/кг}$$

$$[O_H = 81 \times \% C + 246 \times \% H - 26 (\% O - \% S) - 6 \times \% W, \text{ ккал/кг}]$$

где  $C, H, O, S$  и  $W$  – соответственно содержание углерода, водорода, кислорода, серы и влаги в рабочем топливе, %.

Переводной коэффициент в условное топливо или тепловой эквивалент определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = Q_H/29300; (Q_H/7000).$$

При проведении расчета тепловых эквивалентов необходимы данные элементарного анализа нефти и газового конденсата. Для определения физических свойств и компонентного состава были взяты пробы нефти на сборном нефтяном терминале «Дюбянди». Результаты таких же анализов для газового конденсата были предоставлены компанией «SOCAR UPSTREAM MI».

По результатам лабораторных анализов компонентного состава нефти и газового конденсата для данного расчета используются исходные данные, указанные в таблице 1.

**Таблица 1** – Результаты лабораторного анализа компонентного состава нефти и газового конденсата

Компонентный состав	Нефть	Газовый конденсат
Углерод, %	86,44	84,75
Водород, %	11,5	9,13
Кислород, %	1,82	0,47
Сера, %	0,24	–
Влага, %	–	5,65

Расчет теплоты сгорания нефти:

$$Q_H = 339,13 \times 86,44 + 1029,95 \times 11,5 - 108,86 \times (1,82 - 0,24) - 25,12 \times 0 = 40994,44 \text{ кДж/кг.}$$

Расчет теплового эквивалента для нефти:

$$\mathcal{E}_H = 40994,44/29300 = 1,3991.$$

Расчет теплоты сгорания газового конденсата:

$$Q_H^P = 339,13 \times 84,75 + 1029,95 \times 9,13 - 108,86 \times 0,47 - 25,12 \times 5,65 = 37951,62 \text{ кДж/кг.}$$

Расчет теплового эквивалента газового конденсата:

$$\mathcal{E}_K = 37951,62/29300 = 1,2953$$

Отношение топливных или нефтяных эквивалентов является переходным коэффициентом от



одного вида углеводородов к другому, т.е. коэффициентом замены одного вида углеводорода другим. Не пересчитывая количество нефти и газового конденсата в условное топливо, по тепловым эквивалентам рассчитывается коэффициент перевода газового конденсата в нефтяное «топливо», учитывая, что количество углеводородов обратно пропорционально их теплотворной способности.

$$K = 1,2953/1,3994 = 0,9256 \approx 0,93$$

#### **Расчет коэффициента перевода газового конденсата в нефтяное «топливо» по баррелю нефтяного эквивалента**

В тех случаях, когда нет в наличии результатов лабораторных анализов компонентного состава жидких углеводородов, предлагается расчет коэффициента перевода газового конденсата в нефтяное «топливо» по баррелю нефтяного эквивалента.

По физическим свойствам нефти и газового конденсата для данного расчета используются следующие исходные данные:

Плотность нефти, гр/см <sup>3</sup> (кг/дм <sup>3</sup> )	–	0,8574;
Плотность газового конденсата, гр/см <sup>3</sup> (кг/дм <sup>3</sup> )	–	0,7960;
Объём 1 барреля, литр (дм <sup>3</sup> )	–	159.
Количество баррелей нефти в одной метрической тонне:		

$$n = \frac{1000}{159 \times 0,8574} = 7,33 \text{ барр.}$$

Количество баррелей газового конденсата в одной метрической тонне:

$$n = \frac{1000}{159 \times 0,796} = 7,9 \text{ барр.}$$

По общеизвестным коэффициентам перевода извлекаемых ресурсов – 1 баррель нефти соответствует 1 баррелю нефтяного эквивалента и 1 баррель газового конденсата также соответствует 1 баррелю нефтяного эквивалента, где нефтяной эквивалент представляет собой условный вид топлива [4].

По вышеизложенному расчету 1 метрическая тонна содержит 7,33 барр нефти или 7,9 барр конденсата, тогда:

- 7,33 барр нефти соответствует – 7,33 барр нефтяного эквивалента;
- 7,9 барр конденсата соответствует – 7,9 барр нефтяного эквивалента.

Теперь, когда показатели приведены к одной единице измерения, можно сказать, что 1 метрическая тонна нефти содержит 7,33 барр нефтяного эквивалента или же  $7,9 \times (7,33/7,9)$  барр нефтяного эквивалента.

Отношение (7,33/7,9) является коэффициентом перевода газового конденсата в нефтяное «топливо» по баррелю нефтяного эквивалента.

$$K = 7,33/7,9 = 0,9278 \approx 0,93$$

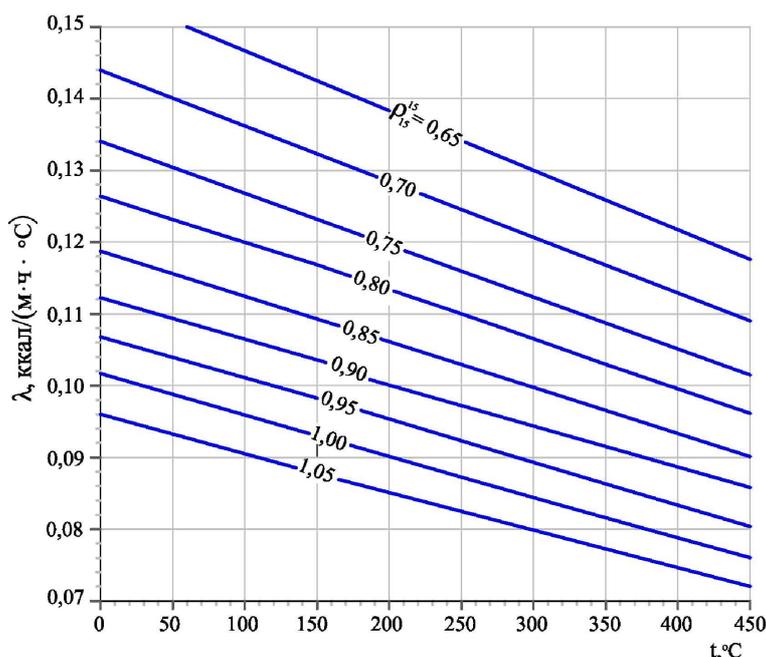
#### **Расчет коэффициента перевода газового конденсата в нефтяное «топливо» по коэффициенту теплопроводности жидких углеводородов**

Теплопроводность это процесс распространения тепла в твердых телах или жидкости. Коэффициент теплопроводности ( $\lambda$ ) выражает количество тепла, которое проходит в единицу времени через единицу поверхности при изменении температуры на один градус на каждую единицу длины. Теплопроводность жидкости, как правило, уменьшается при повышении температуры в линейной зависимости.

Коэффициенты теплопроводности жидких углеводородов в зависимости от температуры и их относительной плотности могут быть найдены по графику, который построен на основе общеизвестной формулы Крэга (рис.1) [5].

Относительная плотность жидких углеводородов это безразмерная величина равная отношению их абсолютной плотности при температуре 20 °С к плотности воды при температуре 4 °С. Относительная плотность обозначается –  $\rho_4^{20}$ . Поскольку плотность воды при 4 °С равна единице, то числовые значения относительной и абсолютной плотности при этих температурах совпадают.

Тогда, при абсолютной плотности нефти  $\rho_n = 0,8574$  гр/см<sup>3</sup>, относительная плотность нефти  $\rho_4^{20} = 0,8574$ , а при абсолютной плотности газового конденсата  $\rho_k = 0,7960$  гр/см<sup>3</sup>, относительная его плотность  $\rho_4^{20} = 0,7960$ .



**Рисунок 1** – Зависимость теплопроводности жидких углеводородов от температуры и плотности

Теплопроводность жидких углеводородов на вышеуказанном графике зависит от относительной плотности  $\rho_{15}^{15}$ , так как за рубежом принята одинаковая стандартная температура углеводородов и воды, равная 60 °F, что соответствует температуре 15 °C [6]. Пересчет значений относительной плотности  $\rho_4^{20}$  и  $\rho_{15}^{15}$  определяется по формуле:

$$\rho_{15}^{15} = \rho_4^{20} + \frac{0,0035}{\rho_4^{20}}.$$

Тогда, относительная плотность нефти  $\rho_{15}^{15} = 0,8615$ , а относительная плотность газового конденсата  $\rho_{15}^{15} = 0,8004$ .

Для примера рассмотрим теплопроводность нефти и газового конденсата при их нагревании при температуре 100 °C. Для нефти с относительной плотностью  $\rho_{15}^{15} = 0,8615$  коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,11176 \approx 0,112$ . Для газового конденсата с относительной плотностью  $\rho_{15}^{15} = 0,8004$  коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,120$ .

Коэффициент перевода газового конденсата в нефтяное «топливо» рассчитывается как отношение коэффициентов теплопроводности:

$$K = 0,112/0,120 = 0,9333 \approx 0,93$$

Предложенные способы определения коэффициентов замены одного жидкого углеводорода другим позволяют оперативно рассчитывать общий объем углеводородов при их суммарном учете.

### Выводы

Приведение различных видов углеводородов к топливному или к нефтяному эквиваленту дает возможность сопоставлять запасы и добычу углеводородов с учетом их энергетической ценности. Эти эквиваленты используются для планирования, нормирования и суммарного учета расхода различных видов углеводородов и контроля над их потреблением

При движении различных видов углеводородов по технологической производственной цепочке можно рассчитать коэффициент прямого перевода одного вида углеводорода в другой, не пересчитывая их количество в условное топливо.

Приведенные способы для определения коэффициентов замены одного вида углеводорода другим, позволяют рассчитывать эти коэффициенты в зависимости от наличия разных исходных данных, т.е. или по физическим свойствам углеводородов, или по их компонентному составу.

### Литература:

1. Исмаилов Ф.С., Абдулгасанов Ф.А., Исаев Р.Ж. Повышение эффективности подготовки газа к транспорту на морском газоконденсатном месторождении // Научные труды НИПИ «Нефтегаз» ГНКР. – 2014. – № 2. – С. 57–60.



2. Гаралов А.Ш., Сильвестрова И.Ю. Методический подход к перспективному планированию добычи нефти // Научные труды НИПИ «Нефтегаз» ГНКАР. – 2014. – № 1. – С. 70–74.
3. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники. – М. : Машиностроение, 2005. – 260 с.
4. Методические пояснения показателей статистики энергетики. – Агентство по статистике, 2009.
5. Рудин М.Г. Карманный справочник нефтепереработчика. – Л. : Химия. 1989. – 464 с.
6. Глаголева О.Ф., Капустин В.М. Технология переработки нефти : Первичная переработка нефти. – М. : Химия, 2006. – Ч. I. – 400 с.

#### References:

1. Ismailov F.S., Abdulgasanov F.A., Isaev R.Zh. Increase in efficiency of preparation of gas for transport on the sea gas-condensate field // Scientific works of NIPI «Neftegaz» of SOCAR. – 2014. – No. 2. – P. 57–60.
2. Garalov A.Sh., Silvestrova I.Yu. Methodical approach to advance planning of oil production // Scientific works of NIPI «Neftegaz» of SOCAR. – 2014. – No. 1. – P. 70–74.
3. Lyashkov V.I. Theoretical bases heating engineers. – М. : Mechanical engineering, 2005. – 260 p.
4. Methodical explanations of indicators of statistics of power. – Agency statistically, 2009.
5. Rudin M.G. Pocket reference book by the refiner. – L. : Chemistry. 1989. – 464 p.
6. Glagoleva O.F., Kapustin V.M. Tekhnologiya of oil refining: Primary oil refining. – М. : Chemistry, 2006. – P. I. – 400 p.