

Разработка методики оценки энергетической эффективности магистрального нефтепровода

DOI 10.24411/2076-6785-2019-10018

А.А. Разбойниковк.т.н., доцент¹
tmn.ers@mail.ru**Н.С. Барсуков**машинист ТК²
niklajj.rem@gmail.com¹ФГБОУ «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия²АО «СибурТюменьГаз», Тюмень, Россия

Рост стоимости электроэнергии, а также быстрое развитие техники и технологий привело к появлению более совершенного и энергоэффективного оборудования используемого при магистральном транспорте нефти. Таким образом, остро стоит вопрос по энергетическому контролю оборудования для снижения операционных затрат. В данной статье рассматривается методика оценки энергетической эффективности магистрального нефтепровода.

Материалы и методы

Основой разрабатываемой методики является математическая модель, построенная на системе уравнений, решаемых с помощью алгоритма Саати.

Ключевые слова

транспорт нефти, энергетическая эффективность, методика оценки, магистральный нефтепровод

Введение

Проблема энергосбережения в настоящее время остро стоит во всех без исключения отраслях экономики России. Ни одна отрасль не может обойтись без газа, электрической, тепловой энергии, ведь цены постоянно растут и на них, и, как следствие, на производимые товары. Снижение цен на газ, электрическую и тепловую энергию является скорее исключением, чем правилом в рыночной экономике, однако это не единственный путь сокращения затрат при производстве товаров. В настоящее время реальным решением задачи снижения затрат на продукцию является проведение энергосберегающих мероприятий, которые обеспечат практическую экономию средств на газ, электрическую и тепловую энергию. Данный подход важен как для развития экономики страны в целом, так и для производителей и потребителей в частности.

Таким образом, необходимо применение энергосберегающих технологий и оборудования, сокращения потерь при добыче, переработке, транспортировке и реализации продукции топливно-энергетического комплекса. Поскольку быстрая и полная реконструкция всей трубопроводной сети невозможна, необходимо определиться с наиболее энергоемкими ее местами и начать с них.

Объект и метод исследования

Исходя из приведенных выше заключений, делается вывод о том, что первым этапом на пути создания более совершенной и энергетические менее затратной трубопроводной сети будет являться создание методики для оценки энергетической эффективности

существующих магистральных нефтепроводов. Таким образом, объектом исследования являются системы магистрального транспорта нефти.

Основой разрабатываемой методики является построение математической модели энергетической эффективности магистрального нефтепровода. Построение любой математической модели состоит из нескольких этапов:

1. Определение целей моделирования. Эти цели могут быть следующими:

- модель нужна для того, чтобы понять, как устроен объект;
- модель нужна для того, чтобы научиться управлять объектом;
- модель нужна для того, чтобы прогнозировать прямые и косвенные последствия различных способов и форм воздействия на объект.

2. Определение входных и выходных параметров модели; разделение входных параметров по степени важности влияния их изменений на выходные.

3. Разработка систем уравнений, описывающих математическую модель и алгоритма расчета.

4. Выбор метода исследования математической модели. Чаще всего в данном случае используются численные методы.

5. Непосредственный вычислительный эксперимент.

Первый этап математического моделирования. В данном случае модель нужна для того, чтобы прогнозировать прямые и косвенные последствия различных способов и форм воздействия на нефтепровод. Примером прогнозирования будет влияние применения различных видов насосных агрегатов на

Описание параметра	НПС 1	НПС 2	НПС 3
Время работы (часов)	8400	8400	8400
Плотность перекачиваемого продукта (кг/м ³)	850	850	850
Вязкость перекачиваемого продукта (м ² /с)	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
Диаметр трубопровода (мм)	720	1020	1220
Длина трубопровода (м)	100000	100000	100000
Производительность трубопровода (м ³ /ч)	1974,79	3389,36	4229,69
Потери трубопровода по длине (м)	410,03	201,76	127,00
Напор в трубопроводе (м)	495,03	286,76	212,00
Марка насосного агрегата	НМ 2500-230	НМ 3600-230	НМ 5000-210
Мака электродвигателя насосного агрегата	СТДМ-2000-2	СТД2-2500-2	СТД-3150-2
Количество насосных агрегатов (+ подпорные насосы)	4+2	4+2	4+2

Таб. 1 — Входные данные для расчета параметров энергетической эффективности магистрального нефтепровода

Tab. 1 — Input data for calculating the parameters of energy efficiency of the main oil pipeline

общую картину энергетической эффективности нефтепровода.

Второй этап моделирования — это определение входных и выходных параметров модели. В данном случае входными данными являются параметры используемого оборудования, параметры трубопровода, физические свойства перекачиваемого продукта. Для проведения расчета зададимся условными данными трех нефтеперекачивающих станций. Главным отличием рассматриваемых станций будет диаметр трубопровода, производительность и, как следствие, марка используемого насосного агрегата. Данные параметры представлены в таб. 1.

Также к входным параметрам будут относиться параметры сравнения. Более подробно данные критерии рассмотрены в работах [1] и [2]. Представим показатели сравнения в таб. 2.

Выходными параметрами будут являться сравнительные оценки энергетической эффективности данных нефтепроводов.

Следующим шагом в построении математической модели является определение степени важности влияния рассматриваемых критериев на конечный результат моделирования, поскольку данные параметры относятся к различным частям системы и производят оценку с учетом различных параметров.

Для определения степени влияния исследуемых критериев, и как следствие оборудования на энергетическую эффективность магистрального нефтепровода используем метод парных сравнений. Это один из инструментов оценки и выбора решений, широко используется в экспертных оценках при необходимости расставлять приоритеты в процессе какой-либо деятельности или ранжирования различных объектов.

Принцип действия метода парных сравнений рассмотрим на примере выбора альтернативы. Принятие решения на основе алгоритма Саати выполняется в следующем порядке. Экспертом заполняется матрица парных сравнений размером $N \times N$, где N — количество альтернатив. Матрица заполняется по правилам, приведенным в таб. 3.

Если i -я альтернатива менее предпочтительна, чем j -я, то указываются обратные оценки (1/3, 1/5, 1/7, 1/9). Могут использоваться промежуточные оценки (2, 4, 6, 8 и 1/2, 1/4, 1/6, 1/8); например, если i -я альтернатива совсем немного лучше j -й, то можно использовать оценку $X_{ij}=2$ (тогда $X_{ji}=1/2$). На главной диагонали ставятся единицы. Пример заполнения представлен в таб. 4.

После оценки способов расставляются числовые значения приведенных сравнений. Затем, по каждому способу рассчитывается общая сумма и находится общая сумма матрицы. После чего определяется вес каждого способа посредством деления суммы каждого элемента на общую сумму матрицы.

Третьим этапом моделирования будет создание и описание математических уравнений и алгоритма расчета.

Расчет степени влияния (веса) каждого критерия производится по формуле (1):

$$\frac{\sum A_i}{\sum A_{\text{общ}}} \quad (1),$$

где $\sum A_i$ — сумма каждой строки по каждой альтернативе, вычисляется по формуле (2):

$$\sum A_i = A_{ij_1} + A_{ij_2} + A_{ij_3} \dots + A_{ij_n} \quad (2),$$

а $\sum A_{\text{общ}}$ — общая сумма всех строк таблицы, вычисляется по формуле (3):

$$\sum_{i=1}^n A_{\text{общ}} = \sum A_1 + \sum A_2 \dots + \sum A_n \quad (3).$$

Для определения важности элемента формулу (1) необходимо умножить на 100% — так будет видно, насколько один параметр значительнее другого в процентном соотношении:

$$\frac{\sum A_i}{\sum A_{\text{общ}}} \times 100\% \quad (4).$$

Далее, в соответствии с параметрами представленными формулами и таб. 2, произведем расчет по данным представленным в таб. 1.

После определения критериев выбора способа и ранжирования по степени важности, необходимо задаться численными

значениями каждого критерия в каждом исследуемом способе.

Для анализа числовых характеристик критериев воспользуемся формулой (5) нахождения процента от числа:

$$\frac{A_n}{\sum A_n} \times 100\% \quad (5).$$

Нахождение процента от числа позволит понять, насколько эффективно значение исследуемого критерия в данном способе утилизации по сравнению с остальными. Формула (5) эффективна при анализе прямых зависимостей, т.е. наибольшее числовое значение является наилучшим решением.

Для анализа обратных зависимостей, т.е. когда наибольшее числовое значение является наихудшим решением, процент от числа рассчитывается через условный коэффициент k . Коэффициент k находится по формуле (6):

$$k_n = \frac{\sum A_n}{A_n} \quad (6).$$

Для каждого способа рассчитываем свой коэффициент k_n , только после этого находим

Участок	№	Описание	Формула
Трубопровод	T1	Норма расхода электрической энергии для каждого участка МН на плановый период	$N_{2n} = \frac{W_{\text{мин.н}}}{\eta_{\text{н.э.тр.}}}$
	T2	Удельные затраты на единицу работы Нуд необходимого для обеспечения процесса транспортировки нефти по трубопроводам	$N_{\text{уд}} = \frac{W}{G_{\text{факт}} \cdot H}$
Насосная станция	H1	Энергопотребление подключенных насосных агрегатов, работающих по схеме «из насоса – в насос»	$W = g \cdot \sum_i^k \frac{H_i}{\eta_i} \cdot G$
	H2	Удельные затраты электроэнергии	$E_{\text{уд}} = \frac{N}{\rho Q}$
	H3	Коэффициента энергопотребления	$k_n = \frac{N_{\text{тр}}}{N_{\text{ном}}}$

Таб. 2 — Показатели энергоэффективной работы нефтепровода
Tab. 2 — Indicators of energy efficient operation of the pipeline

X_{ij}	Значение
1	i -я и j -я альтернативы примерно равноценны
3	i -я альтернатива немного предпочтительнее j -й
5	i -я альтернатива предпочтительнее j -й
7	i -я альтернатива значительно предпочтительнее j -й
9	i -я альтернатива явно предпочтительнее j -й

Таб. 3 — Правила заполнения матрицы парных сравнений
Tab. 3 - Rules for completing the matrix of pairwise comparisons

Обозначение	Сравнение			Нормирование			Σ	вес	%
	A1	A2	A3	A1	A2	A3			
A1	1	5	9	1	5	9	15	0,70	69,57
A2	1/5	1	4	0,2	1	4	5,2	0,24	24,12
A3	1/9	1/4	1	0,11	0,25	1	1,36	0,06	6,31
Общая сумма матрицы							21,56		100

Таб. 4 — Пример заполнения матрицы
Tab. 4 — Example of filling the matrix

процент от числа по формуле (5), которая после ввода переводного коэффициента k будет выглядеть в следующем виде:

$$\frac{k_n}{\sum k_n} \times 100\% \quad (7).$$

После расчета всех коэффициентов и параметров переходим к завершающему этапу анализу полученных результатов. Результаты проанализируем с помощью графиков и функциональных уравнений полученных графиков.

С помощью Microsoft Excel строим графики зависимостей выполнения критериев от весового значения критериев. Графики строим следующим образом: по оси абсцисс откладываем деления от 0 до 100. На данной оси также друг за другом откладываем значения степени влияния исследуемых параметров в процентном выражении. Таким образом сумма всех параметров системы будет равна 100%. По оси ординат откладываем номера параметров по порядку.

Полученные графики будут иметь криволинейный характер и не имеют функциональной зависимости. Для нахождения функциональной зависимости и нахождения интеграла от полученных функций

необходимо аппроксимировать получившиеся графики с помощью построения полиномиальных линий тренда для каждого из исследуемых способов утилизации. Для построения линий тренда воспользуемся функцией автоматического поиска линий тренда Microsoft Excel по типу полинома. После нахождения линий тренда, с помощью Microsoft Excel, находим функциональные зависимости весового значения критерия и процентного выполнения данного критерия, с указанием величины достоверности аппроксимации (R^2).

Для определения диапазона изменения значений наилучшего из имеющихся способов построим дополнительные две дополнительные кривые. Первая кривая — это идеальное выполнение всех заданных условий, вторая кривая — абсолютное невыполнение заданных условий предложенных критериев. Построим линии тренда полученных кривых и найдем функции линий тренда.

Полученные кривые необходимо сравнить. Наиболее удобным методом сравнения будет нахождение площадей описанных кривых. Следовательно, задача сравнения будет сведена к нахождению и сравнению площадей найденных функций с помощью нахождения определенного интеграла. Поскольку

необходимо произвести оценку только площади полученных кривых, то пределы интегрирования будут от 0 до 100, т.е. на всей прямой. Таким образом, в общем виде интеграл определяется по формуле (8)

$$S = \int_0^{100} y(x) dx \quad (8),$$

где S — площадь подынтегральной функции; от 0 до 100 — диапазон интегрирования; $y(x)$ — функция линий тренда по каждому способу.

Для нахождения интеграла подынтегральную функцию необходимо разбить на отрезки с малым шагом равным Δ . После этого найти площади каждого отрезка по всей длине подынтегральной функции. Нахождение площади на каждом отрезке будет находиться по формуле площади трапеции:

$$S = \frac{(a + b)}{2} \times h \quad (9),$$

где S — площадь; a, b — основания трапеции; h — высота трапеции. (9),

В данном случае, значения основания a будут значения y при значении x , а значения b — значения y при значении $x + \Delta$.

После соответствующих замен формула нахождения площади на каждом заданном отрезке с шагом Δ будет выглядеть так:

$$S = s_i + \Delta \frac{(y(x) + y(x + \Delta))}{2} \quad (10),$$

где S — общая площадь фигуры; s_i — площадь предыдущего отрезка; $y(x)$ — величина первого основания трапеции; $y(x + \Delta)$ — величина второго основания трапеции; Δ — величина шага и высота трапеции = 0,001.

Четвертый этап. Исходя из положений, представленных в данном пункте, определяется четвертый этап моделирования — выбор метода исследования. Таким образом, разрабатываемая система оценки энергетической эффективности магистрального нефтепровода будет являться численной математической моделью.

Экспериментальная часть

Переходим к завершающему этапу моделирование — числовому эксперименту. Исходя из правил заполнения, представленных в таб. 3. и примера заполнения, представленного таб. 4, заполним таб. 5, в которую занесем сравнительные оценки представленных критериев.

После сравнения выбранных критериев и расстановки сравнительных оценок необходимо определить численные оценки каждого критерия, а также рассчитать суммарные значения каждого критерия. Определение суммы и веса каждого критерия, а также процентное выражение значения важности рассчитывается по формулам 1–4. Данные нормированных оценок, суммы каждого критерия и веса представлены в таб. 6.

Из данных таб. 6 мы видим, что критерий Т1 является самым значимым, а критерий Н3 наименее значим.

Далее, в соответствии с параметрами,

Наименование критерия	Обозначение	T1	T2	H1	H2	H3
Норму расхода электрической энергии для каждого участка МН на плановый период	T1	1	1/3	5	5	9
Удельные затраты на единицу работы необходимого для обеспечения процесса транспортировки нефти по трубопроводам:	T2	3	1	3	5	7
Энергопотребление подключенных насосных агрегатов	H1	1/5	1/3	1	3	5
Удельные затраты электроэнергии	H2	1/5	1/5	1/3	1	3
Коэффициента энергопотребления	H3	1/9	1/7	1/5	1/3	1

Таб. 5 — Сравнение исследуемых критериев
Tab. 5 — Comparison of the studied criteria

Обоз.	T1	T2	H1	H2	H3	Σ	вес	%
T1	1	0,33	5	5	9	20,33	0,37	36,71
T2	3	1	3	5	7	19	0,34	34,30
H1	0,2	0,33	1	3,00	5	9,53	0,17	17,21
H2	0,2	0,2	0,33	1	3	4,73	0,09	8,55
H3	0,11	0,14	0,2	0,33	1	1,79	0,03	3,23
						$\Sigma A_{\text{общ}}$	55,39	100

Таб. 6 — Нормированные оценки критериев
Tab. 6 — Normalized evaluation criteria

Критерии	T1	T2	H1	H2	H3
Важность критерия	36,71	34,3	17,21	8,55	3,23
НПС1	45,05	21,37	45,74	26,79	34,10
НПС2	34,54	41,42	28,18	36,78	31,97
НПС3	20,41	37,21	26,08	36,43	33,93

Таб. 7 — Зависимость выполнения критериев от процентного значения
Tab. 7 — Dependence of criteria on the percentage

представленными формулами таб. 2, произведем расчет по данным представленным в таб. 1. После этого проведем математический анализ полученных результатов по формулам (5) — (7). Данные этого анализа представим в таб. 7.

Следующим этапом является построение графиков. Графики трех НПС, максимума и минимума представлены на рис. 1.

Результаты исследования

После построения графиков найдем функции линий тренда и величину достоверной аппроксимации. Данные занесем в таб. 8.

Для нахождения интегралов полученных функций воспользуемся программным обеспечением Microsoft Excel Visual Basic и формулами (8) — (10). Полученные значения интегралов функций представлены в таб. 9.

Исходя из расчетов и графиков, представленных в данной статье, а также параметров, используемых для сравнения можно сделать вывод о том, что минимальное выполнение критериев будет свидетельствовать о наиболее эффективном использовании энергоресурсов и применении более энергетически совершенного оборудования и режима эксплуатации. Таким образом, из представленных к исследованию нефтеперекачивающих станций наиболее энергетически эффективным нефтепроводом является магистральный нефтепровод, работающий от НПС 3.

Разработанная методика оценки энергетической эффективности магистрального нефтепровода может быть универсальной методикой оценки, поскольку позволяет производить комплексную оценку в независимости от используемого оборудования, длины нефтепровода, объема перекачки и других параметров.

В свете устойчивой тенденции роста цен на энергоносители и в том числе на электроэнергию вопрос экономии и анализа потребления энергоресурсов весьма актуален и важен.

Одной из основных статей эксплуатационных расходов магистральных нефтепроводов являются затраты на электроэнергию. Доля электроэнергии в себестоимости магистрального транспорта нефти составляет около 35% и, судя по всему, эта доля продолжит расти, если не предпринимать усилий к сокращению электропотребления. Около 95% общего расхода составляют затраты электроэнергии на приводы насосов. Оставшуюся часть составляют энергозатраты на инженерные коммуникации и системы нефтеперекачивающих станций, вспомогательные производства, освещение, отопление. Часть затрат приходится на технически неизбежные потери в сетях и преобразователях.

Так как трубопроводный транспорт нефти является одним из наиболее энергоемких производств, к показателю эффективности использования электроэнергии должны быть предъявлены особые требования. В настоящее время роль такого показателя выполняет норма расхода электроэнергии. Анализ фактических величин затрат электроэнергии показывает, что они существенно зависят от производительности и характеристик нефтепровода, вязкости нефти, типоразмера насосов и режимов их работы.

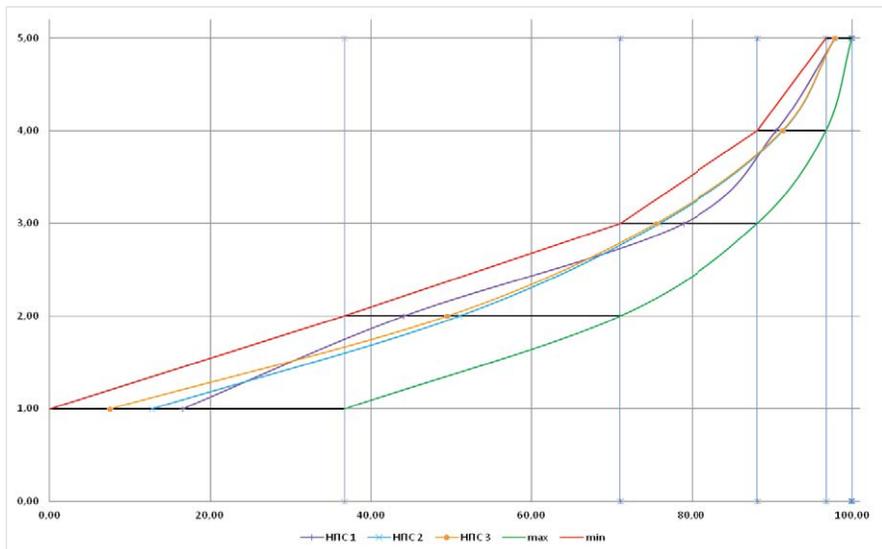


Рис. 1 — Графики НПС, максимума и минимума выполнения критериев
Fig. 1 — Graphics NPS, the maximum and inimum criteria fulfillment

Итоги

Исходя из расчетов и графиков, представленных в статье, а также параметров, используемых для сравнения можно сделать вывод о том, что минимальное выполнение критериев будет свидетельствовать о наиболее эффективном использовании энергоресурсов и применении более энергетически совершенного оборудования и режима эксплуатации. Таким образом, из представленных к исследованию нефтеперекачивающих станций наиболее энергетически эффективным нефтепроводом будет являться магистральный нефтепровод, работающий от НПС 3.

Выводы

Разработана методика оценки энергетической эффективности магистрального нефтепровода, которая является универсальной методикой оценки, поскольку позволяет

производить комплексную оценку в не зависимости от используемого оборудования, длины нефтепровода объема перекачки и других параметров.

Литература

1. Акбердин А.М., Сазонов А.З., Еронен В.И., Рахимов А.С. К определению расхода электроэнергии на объектах магистральных нефтепроводов // Нефтегазовое дело. 2006. Т.6. №1. С. 133–141.
2. Мельник В.Е. Сильницкая Н.В. Анализ эффективной работы основного оборудования перекачивающей станции на примере сравнения требуемых мощностей насосных агрегатов НМ 10000-210. Научно-техническая заочная конференция магистрантов имени профессора Н.А. Малюшина «Нефтегазовый терминал». Тюмень, 2018.

Обозначение	Функции линий тренда	R2
НПС 1	$y = 2 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,0028x^2 + 0,1502x - 0,8024$	1
НПС 2	$y = 1 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,0016x^2 + 0,0868x + 0,1292$	0,9959
НПС 3	$y = 1 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,0013x^2 + 0,0689x + 0,552$	0,9958
«Max»	$y = 6 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,0106x^2 + 0,6679x - 11,974$	0,9941
«Min»	$y = 9 \cdot 10^{-6}x^3 - 0,001x^2 + 0,0513x + 0,9972$	0,9985

Таб. 8 — Функции линий тренда исследуемых параметров
Tab. 8 — Trend line functions of the parameters studied

№ НПС	Значения полученных интегралов
1	202,17
2	202,95
3	212,85
Максимальное значение	138,92
Минимальное значение	239,53

Таб. 9 — Значения интегралов функций
Tab. 9 — Values of integrals of functions

3. Методологические основы научных исследований. Учебное пособие для студентов нефтегазового профиля. ТюмГНГУ, ред. Ю.Д. Земенков. Тюмень: Вектор Бук, 2011. 289 с.
4. Ю.Д. Земенков и др. Сбор и подготовка нефти и газа. М.: Академия, 2009. 159 с.
5. ГОСТ Р 51380-99. Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической

- эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям. Общие требования.
6. ГОСТ Р 51541-99. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения.
7. ОР-03.220.99-КТН-092-08. Регламент разработки технологических карт, расчета режимов работы магистральных нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть».

8. РД 153-39.4-113-01. Нормы технологического проектирования магистральных нефтепроводов.
9. РД-91.140.50-КТН-043-11. Методика расчета расхода электроэнергии в трубопроводном транспорте нефти.
10. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

ENGLISH

PIPELINE

Development of the methodology for assessing the energy efficiency of the main oil pipeline

UDC 622.692.4

Authors

Aleksandr A. Razboynikov — Ph.D., associate professor¹; tmn.ers@mail.ru

Nikolai S. Barsukov — machinist²; niklajj.rem@gmail.com

¹Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

²TC JSC "SiburTyumenGaz", Tyumen, Russian Federation

Abstract

The rising cost of electricity, as well as the rapid development of technology and technology has led to the emergence of more advanced and energy-efficient equipment used in the main transport of oil. Thus, there is an urgent issue in the energy control of equipment to reduce operating costs. This article discusses the methodology for assessing the energy efficiency of the main oil pipeline.

Materials and methods

The basis of the developed methodology is a mathematical model built on a

system of equations solved by the Saaty algorithm.

Keywords

oil transportation, energy efficiency, assessment methodology, main oil pipeline

Results

Based on the calculations and graphs provided in this article, as well as the parameters used for comparison, we can conclude that the minimum fulfillment of the criteria will indicate the most efficient use of energy resources and the use of more

energy-perfect equipment and operating mode. Thus, among the oil pumping stations presented for the study, the most energy efficient oil pipeline will be the main oil pipeline operating from oil pumping station #3.

Conclusions

A methodology has been developed for evaluating the energy efficiency of the main oil pipeline, which is a universal method of assessment, since it allows for a comprehensive assessment regardless of the equipment used, the length of the pipeline, the pumping volume and other parameters.

References

1. Akberdin A.M., Sazonov A.Z., Eronen V.I., Rakhimov A.S. *K opredeleniyu raskhoda elektroenergii na ob"ektakh magistral'nykh nefteprovodov* [On the definition of electricity consumption at the facilities of trunk pipelines] // Oil and gas business, 2006, V.6, issue 1, pp. 133–141.
2. Mel'nik V.E. *Sil'nitskaya N.V. Analiz effektivnoy raboty osnovnogo oborudovaniya perekachivayushchey stantsii na primere sravneniya trebuemykh moshchnostey nasosnykh agregatov NM 10000-210* [Analysis of the effective operation of the main equipment of the pumping station on the example of comparing the required capacity of pumping units HM 10000-210]. Scientific and technical correspondence conference of master students named after professor N.A. Malyushin "Oil and Gas Terminal". Tyumen', 2018.
3. *Metodologicheskie osnovy nauchnykh issledovaniy*. [Methodological bases of scientific research]. A textbook for students of oil and gas profile / TSOGU, ed. Yu.D. Zemenkov. Tyumen: Vector Book, 2011, 289 p.
4. Yu.D. Zemenkov and others. *Sbor i podgotovka nefiti i gaza* [Collection and preparation of oil and gas. M.: Academy, 2009, 159 p.
5. ГОСТ Р 51380-99. *Energoberezhenie. Metody podtverzheniya sootvetstviya pokazateley energeticheskoy effektivnosti energopotrebyayushchey produktsii ikh normativnym znacheniyam. Obshchie trebovaniya* [Energy saving. Methods for confirming the compliance of energy efficiency indicators of energy-using products with their normative values. General requirements].
6. ГОСТ Р 51541-99. *Energoberezhenie. Energeticheskaya effektivnost'. Sostav pokazateley. Obshchie polozheniya* [Energy saving. Energy efficiency. The composition of the indicators. General provisions].
7. ОР-03.220.99-КТН-092-08. *Reglament razrabotki tekhnologicheskikh kart, rascheta rezhimov raboty magistral'nykh nefteprovodov* ОАО «АК «Транснефть» [Regulations for development of flow charts, calculation of operating modes of trunk pipelines of Transneft, JSC].
8. РД 153-39.4-113-01. *Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya magistral'nykh nefteprovodov* [Standards of technological design of oil pipelines].
9. РД-91.140.50-КТН-043-11. *Metodika rascheta raskhoda elektroenergii v truboprovodnom transporte nefiti* [The method of calculating the consumption of electricity in pipeline transportation of oil].
10. *Federal'nyy zakon Rossiyskoy Federatsii «Ob energoberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti»* [Federal Law of the Russian Federation "On Energy Saving and on Increasing Energy Efficiency"]. November 23, 2009 #261-FL.