

УДК 622.692.12; 622.276.8

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТИ ПО НЕФТЕПРОВОДУ

**З.Дж.Кулиев**

(Управление нефтепроводов ГНКАР)

На основе теоретических исследований определено количество отложений при транспортировке нефти по трубопроводу. Показано, что с увеличением производительности нефтепровода скорость отложений также повышается, причем при самой низкой производительности нефтепровода ( $Q = 300 \text{ м}^3/\text{час}$ ) через 150 суток осадки появляются почти незаметно. С увеличением плотности отложений их скорость также растет. По полученной аналитической формуле произведен численный расчет на примере нефтепроводов Дюбанди-Беюкшор, Дашигил-Пути и определена зависимость массы различных отложений от времени при различной производительности нефтепровода. Установлено, что в начальный период отложения асфальтосмолопарафиновые отложения соединений песка и серы происходят быстрыми темпами, а потом замедляются.

**Ключевые слова:** нефтепровод, асфальтосмолопарафиновые отложения, потери нефти.

**Адрес связи:** ardns\_nki@azdata.net

**DOI:** 10.5510/OGP20120200113

Определение потерь нефти в виде парафиносмолистых солевых и других отложений при ее транспортировке имеет важное практическое значение.

Интенсивность отложений в нефтепроводах зависит от следующих основных факторов: объема перекачиваемой нефти, содержания парафина, асфальтосмолистых и солевых веществ в нефти, температуры нефти, скорости перекачки, объема нефтепровода, плотности нефти, температуры грунта, времени работы нефтепровода и режима перекачки [1, 2].

Удельные потери нефти на один погонный метр нефтепровода определяются по формуле [2]:

$$q = \pi D \cdot \rho_{\text{отл}} \cdot \delta(t) \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр трубопровода, м;

$\delta$  – средняя толщина отложений на стенке трубопровода, мм;

$\rho_{\text{отл}}$  – средняя плотность отложений, кг/м<sup>3</sup>.

Потери нефти при этом с учетом уравнения (1) определяются по формуле:

$$Q = q \cdot L \quad (2)$$

где  $L$  – длина трубопровода, м.

Определение  $\delta(t)$  – является одной из основных задач при определении потерь нефти.

Накапливание отложений песка, воды, парафино-асфальтосмолистых веществ, серы и др. механических примесей на стенке нефтепровода приводит к уменьшению проходного сечения трубопровода и, как следствие, к увеличению потерь энергии.

Следует отметить, что определение количества отложений в нефтепроводе (потерь нефти) позволяет своевременно произвести очистку его внутренней поверхности от накопленных отложений и умень-

шить потери энергии.

До настоящего времени вопрос определения отложений на стенке нефтепровода мало изучен и отсутствует какой-либо метод, позволяющий с учетом температуры, пространственных координат, реологических свойств жидкости определить количество отложений в нефтепроводе в процессе транспортировки нефти [1, 3]. Поэтому теоретические исследования по определению количества отложений в нефтепроводе представляют как научный, так и практический интерес.

Рассмотрим движение жидкости в нефтепроводе. В первом приближении как и в работе [1] жидкость примем несжимаемой, а движение ее потенциальным [3, 4]. Тогда масса  $M$  отложений на стенке нефтепровода может быть определена по формуле [1]:

$$M = \rho V n_0 \left\{ 1 - \exp \left[ -\frac{Q}{V} \left( 1 - \frac{3}{1+2k} \right) \right] \right\} \quad (3)$$

где  $k = \frac{\rho_0}{\rho}$ ;

$\rho_0$  – плотность тела (парафина, песка, серы и др.), кг/м<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$Q$  – производительность нефтепровода, м<sup>3</sup>/час;

$V$  – объем нефтепровода, м<sup>3</sup>;

$t$  – время, сутки;

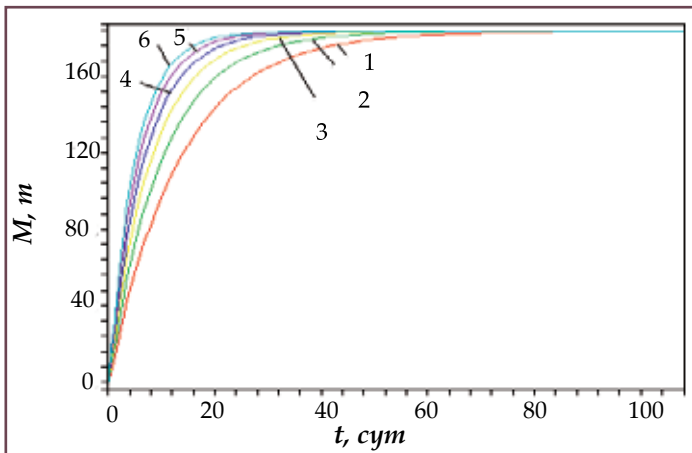
$n_0$  – концентрация твердого вещества в составе нефти в долях.

Формула (3) позволяет определить массу отложений твердого вещества при транспортировке нефти по трубопроводу в зависимости от параметров нефти, нефтепровода и времени.

По формуле (3) произведен численный расчет для примере нефтепровода Дюбанди-Беюкшор при следующих значениях:

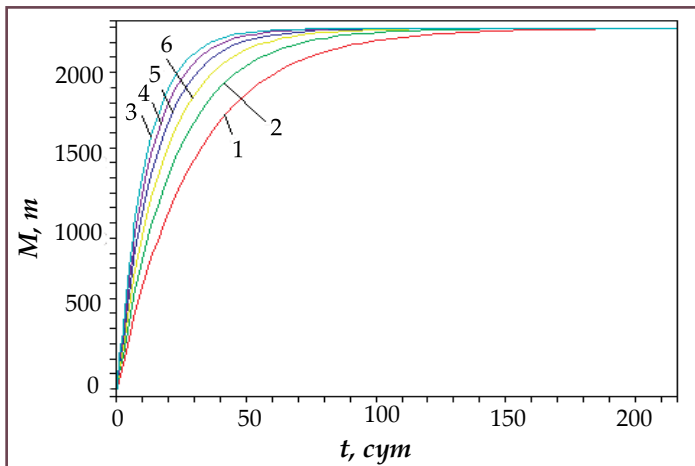
$$D = 0.720 \text{ м}; \quad l = 33504 \text{ м};$$

$$D = 0.530 \text{ м}; \quad l = 27932 \text{ м (рис.1-6)}$$



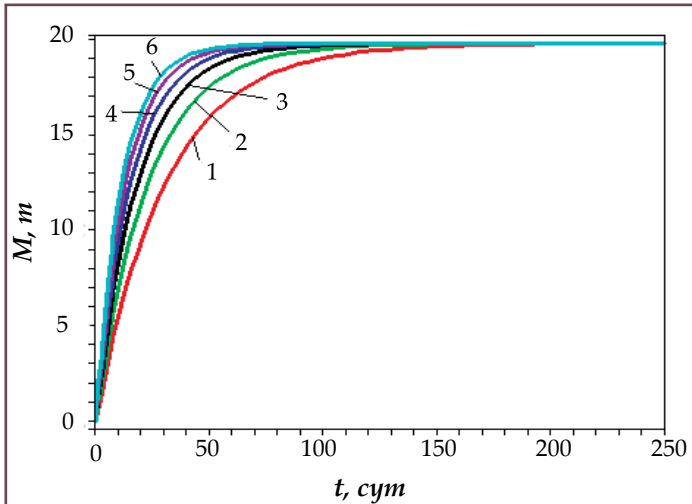
**Рис.1. Зависимость массы отложений асфальтена от времени при различной производительности перекачки нефти**

1 -  $Q = 300 \text{ м}^3/\text{час}$ , 2 -  $Q = 400 \text{ м}^3/\text{час}$ , 3 -  $Q = 500 \text{ м}^3/\text{час}$ ,  
 4 -  $Q = 600 \text{ м}^3/\text{час}$ , 5 -  $Q = 700 \text{ м}^3/\text{час}$ , 6 -  $Q = 800 \text{ м}^3/\text{час}$ ,  
 $n_0 = 0.76 \cdot 10^{-2}$ ;  $p = 856.9 \text{ кг/м}^3$ ;  $p_0 = 1220 \text{ кг/м}^3$



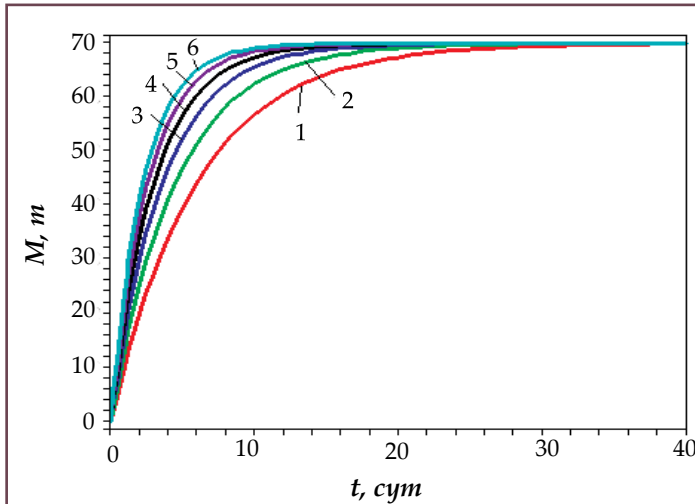
**Рис.2. Зависимость массы отложений смолы от времени при различной производительности перекачки нефти**

1 -  $Q = 300 \text{ м}^3/\text{час}$ , 2 -  $Q = 400 \text{ м}^3/\text{час}$ , 3 -  $Q = 500 \text{ м}^3/\text{час}$ ,  
 4 -  $Q = 600 \text{ м}^3/\text{час}$ , 5 -  $Q = 700 \text{ м}^3/\text{час}$ , 6 -  $Q = 800 \text{ м}^3/\text{час}$ ;  
 $n_0 = 13.4 \cdot 10^{-2}$ ;  $p = 856.9 \text{ кг/м}^3$ ;  $p_0 = 1007 \text{ кг/м}^3$



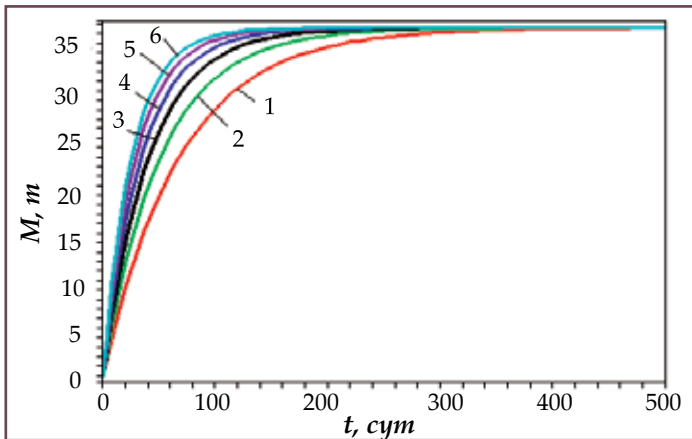
**Рис.3. Зависимость массы отложений воды от времени при различной производительности перекачки нефти**

1 -  $Q = 300 \text{ м}^3/\text{час}$ , 2 -  $Q = 400 \text{ м}^3/\text{час}$ , 3 -  $Q = 500 \text{ м}^3/\text{час}$ ,  
 4 -  $Q = 600 \text{ м}^3/\text{час}$ , 5 -  $Q = 700 \text{ м}^3/\text{час}$ , 6 -  $Q = 800 \text{ м}^3/\text{час}$ ;  
 $n_0 = 10^{-3}$ ;  $p = 856.9 \text{ кг/м}^3$ ;  $p_0 = 10 \text{ кг/м}^3$



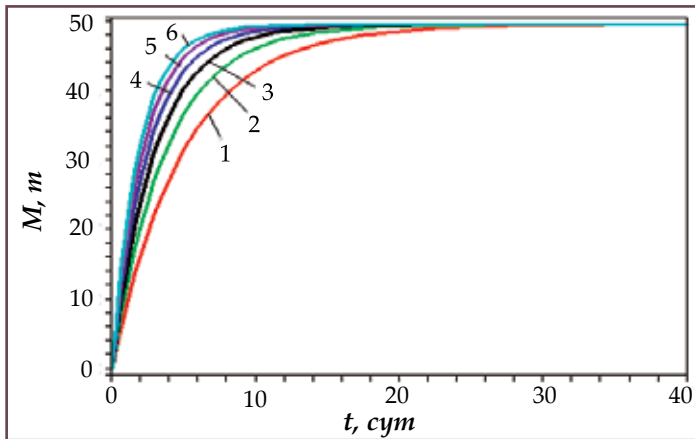
**Рис.4. Зависимость массы отложений серы от времени при различной производительности перекачки нефти**

1 -  $Q = 300 \text{ м}^3/\text{час}$ , 2 -  $Q = 400 \text{ м}^3/\text{час}$ , 3 -  $Q = 500 \text{ м}^3/\text{час}$ ,  
 4 -  $Q = 600 \text{ м}^3/\text{час}$ , 5 -  $Q = 700 \text{ м}^3/\text{час}$ , 6 -  $Q = 800 \text{ м}^3/\text{час}$ ;  
 $n_0 = 21 \cdot 10^{-4}$ ;  $p = 856.9 \text{ кг/м}^3$ ;  $p_0 = 2000 \text{ кг/м}^3$



**Рис.5. Зависимость массы отложений парафина от времени при различной производительности перекачки нефти**

1 -  $Q = 300 \text{ м}^3/\text{час}$ , 2 -  $Q = 400 \text{ м}^3/\text{час}$ , 3 -  $Q = 500 \text{ м}^3/\text{час}$ ,  
 4 -  $Q = 600 \text{ м}^3/\text{час}$ , 5 -  $Q = 700 \text{ м}^3/\text{час}$ , 6 -  $Q = 800 \text{ м}^3/\text{час}$ ;  
 $n_0 = 1.65 \cdot 3 \cdot 10^{-2}$ ;  $p = 856.9 \text{ кг/м}^3$ ;  $p_0 = 925 \text{ кг/м}^3$



**Рис.6. Зависимость массы отложений песка от времени при различной производительности перекачки нефти**

1 -  $Q = 300 \text{ м}^3/\text{час}$ , 2 -  $Q = 400 \text{ м}^3/\text{час}$ , 3 -  $Q = 500 \text{ м}^3/\text{час}$ ,  
 4 -  $Q = 600 \text{ м}^3/\text{час}$ , 5 -  $Q = 700 \text{ м}^3/\text{час}$ , 6 -  $Q = 800 \text{ м}^3/\text{час}$ ,  
 $n_0 = 10^{-3}$ ;  $p = 856.9 \text{ кг/м}^3$ ;  $p_0 = 2500 \text{ кг/м}^3$

и для нефтепровода Дашгил-Пула при следующих значениях:  $D = 0.530$  м;  $l = 46615.84$  м (рис.7, 8).

Результаты расчетов представленных на рисунках 1-8, из которых видно, что с увеличением производительности скорость выпадения осадков (отложе-

ний) также повышается, причем при самой низкой производительности нефтепровода ( $Q = 300$  м<sup>3</sup>/час) через 150-200 суток осадки появляются почти незаметно. С уменьшением плотности твердого вещества этот временной промежуток растет.

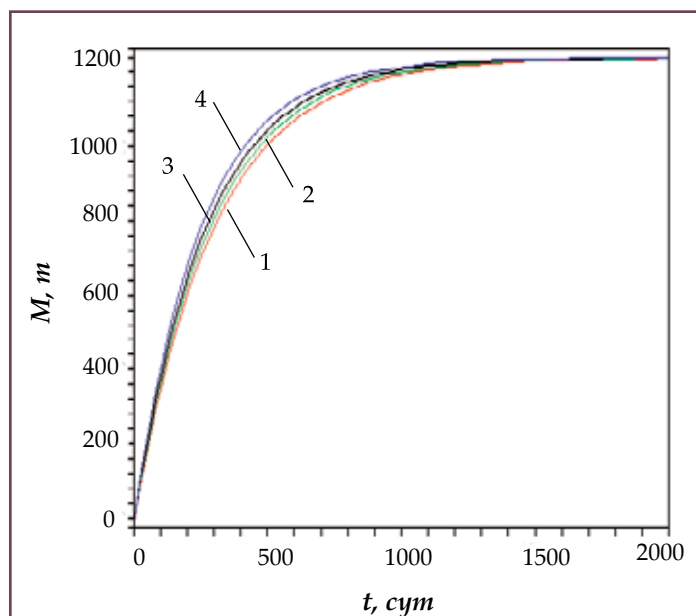


Рис.7. Зависимость массы отложений смолы от времени при различной производительности перекачки нефти

1 -  $Q = 300$  м<sup>3</sup>/час, 2 -  $Q = 400$  м<sup>3</sup>/час,  
3 -  $Q = 500$  м<sup>3</sup>/час, 4 -  $Q = 600$  м<sup>3</sup>/час,  
 $n_{асф} = 11.96 \cdot 10^{-2}$ ,  $p = 0.8687$  т/м<sup>3</sup>,  $p_0 = 1.007$  т/м<sup>3</sup>

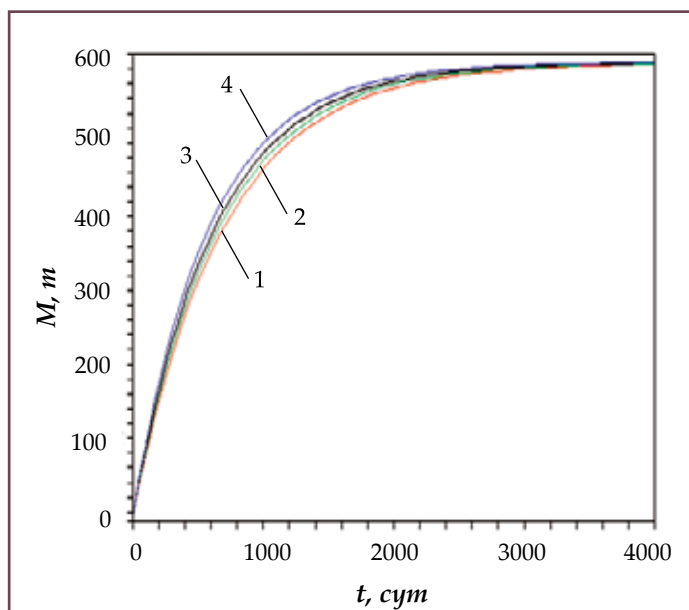


Рис.8. Зависимость массы отложений парафина от времени при различной производительности перекачки нефти

1 -  $Q = 300$  м<sup>3</sup>/час, 2 -  $Q = 400$  м<sup>3</sup>/час,  
3 -  $Q = 500$  м<sup>3</sup>/час, 4 -  $Q = 600$  м<sup>3</sup>/час,  
 $n_0 = 6.40 \cdot 10^{-2}$ ;  $p_p = 0.925$  т/м<sup>3</sup>;  $p_n = 0.8687$  т/м<sup>3</sup>

### Литература

1. Э.М.Аббасов. Метод определения количества отложений в нефтепроводе при транспортировке нефти //Азербайджанское нефтяное хозяйство. -2010. - № 3. -С.39-41.  
E.M.Abbasov. Method for sediments determination inside oil pipelines while oil transportation // Azerbaijan oil industry. -2010. -No.3. -P.39-41
2. РД39-0147103-346-89. Методика определения потерь нефти при списании магистральных нефтепроводов, обрабатывающих амортизационный срок службы. – УФА: ВНИИСТНефть, 1989.  
RD39-0147103-346-89. Metodika opredeleniya poter' nefti pri spisanii magistralnyh nefteprovodov, otrabativayushih amortizatsionniy srok slujbi. UFA: VNIISTNeft, 1989
3. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Гидродинамика. М: Наука, 1986.  
L.D.Landau, E.M.Lifshits. Hydrodynamics. M.: Nauka, 1986
4. Ламб. Гидродинамика. Т.1. М. -Иж.: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2003.  
G.Lamb. Hydrodynamics. Vol.1. M.-Izhevsk: Regular and Chaotic Dynamics, 2003

### Losses determination in pipeline transportation of oil

**Z.J.Guliyev**

(Oil Pipelines Department of SOCAR)

#### Abstract

On the basis of a theoretical study the quantity of deposits in pipeline transportation of oil is determined. It is shown that with increase in pipeline capacity the deposit velocity also increases and at the lowest working capacity of pipeline ( $Q = 300 \text{ m}^3/\text{hour}$ ) hardly any sediments appeared over a period of 150. The velocity also increases with increasing deposit density. According to the analytical formula obtained, numerical calculation has been carried out on example of the oil pipeline Dubendi-Beyukshor, Dashgil-Putra and the mass of different deposits depending on time at several rates is determined. It is established that during the initial period deposits of paraffin-asphalt-resin compounds of sand and sulphur occurred rapidly and then decreased.

### Neftin boru kəməri ilə nəqli zamanı itkilərin müəyyən edilməsi

**Z.C.Quliyev**

(ARDNŞ-nin Neft Kəmərləri İdarəsi)

#### Xülasə

Nəzəri tədqiqatlar əsasında neftin boru kəməri ilə nəqli zamanı çöküntülərin miqdarı müəyyən edilmişdir. Qeyd edilir ki, neft kəmərinin məhsuldarlığı artdıqca çökmələrin sürəti də artır, həm də neft kəmərinin ən aşağı məhsuldarlığında ( $Q = 30 \text{ m}^3/\text{q}$ ) 150 gündən sonra çöküntülər demək olar ki, az nəzərə çarpır. Çöküntülərin sıxlığı artdıqca sürət də artır. Alınmış analitik düstura əsasən Dübəndi-Böyükşor, Daşgil-Putra neft kəməri misalında miqdarca hesablanma aparılmış və müəyyən edilmişdir ki, müxtəlif çöküntü kütlələri, neftin vurulması zamanı müxtəlif məhsuldarlığın alınması vaxtından asılıdır. Müəyyən edilmişdir ki, başlanğıc dövrdə qumun və kükürdün parafin-asfalt-qətran birləşmələrinin çökməsi sürətlə baş verir, sonra isə bu yavaşır.