

УДК 622.692.4

## ВЫБОР ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОСОВОБОЖДЕНИЯ ПОЛОСТИ УЧАСТКА МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА ОТ ПРОДУКТА

Сагитов И.А.<sup>1</sup>, Гумеров А.Г., Азметов Х.А.

ГУП «Институт проблем транспорта энергоресурсов» (ИПТЭР), г. Уфа  
<sup>1</sup>e-mail: sagild@mail.ru

**Аннотация.** Предложены расчетные формулы определения производительности удаления продукта из полости нефтепровода откачкой насосами в зависимости от площади сечения освобождаемого нефтепровода и величины напора для обеспечения максимально возможной производительности удаления продукта из нефтепровода. Полученные результаты могут быть использованы при аварийном и капитальном ремонте труб магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов.

**Ключевые слова:** магистральный нефтепровод, производительность удаления продукта из полости нефтепровода, аварийный разрыв, самотечное опорожнение.

Ремонт магистральных нефтепроводов с заменой труб, их демонтаж связаны с освобождением полости участка трубопровода от нефти [1]. При плановых работах опорожнение участка нефтепровода производится откачкой продукта насосами.

В процессе освобождения нефти к месту откачки в зависимости от высотных отметок опорожняемого участка и места откачки может поступать с двух сторон или только с одной стороны. При этом сопротивление движению нефти зависит от протяженности и диаметра участка трубопровода, по которому в данный момент происходит течение продукта, а также состояния полости трубопровода с точки зрения сопротивления движению жидкости. Указанные напор и сопротивление движению определяют максимально возможную скорость течения нефти в полости трубопровода к месту откачки. Для обеспечения эффективной работы откачивающих насосов необходимо, чтобы объем нефти, поступающей к насосам за единицу времени, был равен или близок к суммарной производительности откачивающих насосов по их техническим характеристикам. Следует также учитывать, что в ходе опорожнения снижается геодезическая отметка уровня нефти в трубопроводе, что приводит к уменьшению напора, под действием которого происходит движение жидкости. Уменьшается также протяженность участка, в котором находится нефть, движущаяся к месту откачки. Уменьшения напора и протяженности участка с нефтью приводят к изменениям скорости течения нефти в полости трубопровода в процессе откачки.

Суммарная производительность откачки нефти зависит от характеристик опорожняемого участка нефтепровода, характеристик насосов и их количества,

соединенных между собой на параллельную работу, а так же диаметра и протяженности трубопроводов, соединяющих насосы с полостью трубопровода.

С учетом рекомендации [2], на основе анализа совместной работы откачивающих насосов и опорожняемого участка магистрального нефтепровода нами получена расчетная формула для определения производительности удаления продукта из полости нефтепровода откачкой насосами в виде

$$Q_H = \bar{Q}_H \cdot F_{CB} \cdot (2gH)^{0,5}, \quad (1)$$

где  $F_{CB}$  – площадь сечения освобождаемого нефтепровода в свету;  $g$  – ускорение силы тяжести;  $H$  – напор, под действием которого происходит движение продукта к месту откачки;  $\bar{Q}_H$  – безразмерный параметр расхода, определяемый в зависимости от параметров, характеризующих потерю напора в процессе опорожнения, технические характеристики и количество параллельно работающих откачивающих насосов.

Для определения  $\bar{Q}_H$  получены аналитические выражения для возможных случаев поступления нефти к месту откачки – с обеих сторон нефтепровода (относительно места откачки) и только с одной стороны. Так, например, при поступлении нефти к месту откачки только с одной стороны для  $\bar{Q}_H$  имеем

$$\bar{Q}_H = \left[ h + \frac{h_B}{(\eta_B^2 n)^2} \right]^{-0,5}, \quad (2)$$

где  $h$ ,  $h_B$  – безразмерные параметры потери напора в освобождаемом нефтепроводе и трубопроводах, соединяющих насос с полостью нефтепровода, определяемые по рекомендациям [3];  $n$  – количество параллельно работающих насосов;

$\eta_B^2 = \frac{f_{CB}}{F_{CB}}$ ;  $f_{CB}$  – площадь сечения в свету соединительных трубопроводов.

Увеличения  $h$  и  $h_B$  прежде всего соответствуют увеличениям протяженности и уменьшениям диаметров трубопроводов.

Проведен анализ влияния параметров, влияющих на производительность удаления продукта из полости участка нефтепровода с целью выбора наиболее рациональных технико-технологических параметров освобождения. Анализ полученных нами аналитических зависимостей для определения  $Q_H$  и  $\bar{Q}_H$  показал, что параметром, влияющим существенно на производительность опорожнения и который может быть выбран в ходе подготовки к опорожнению является параметр  $\eta_B^2 n$ . Расчеты показали, что при увеличении до определенного значения параметра  $\eta_B^2 n$  происходят повышения  $\bar{Q}_H$  и соответственно расхода  $Q_H$ . Затем с увеличением  $\eta_B^2 n$  повышение  $Q_H$  происходит незначительно. Значение  $(\eta_B^2 n)_0$ , при увеличении от которого существенно снижается влияние  $\eta_B^2 n$  на производительность  $Q$ , будет рациональным. Исследования показали, что рациональные

значения  $(\eta_B^2 n)_0$  зависят от параметра потери напора в опорожняемом нефтепроводе  $h$ . С увеличением  $h$  параметр  $\eta_B^2 n$  снижается. Это показывает, что при больших сопротивлениях движению жидкости в полости трубопровода увеличение  $\eta_B^2 n$  не приводит к существенному повышению производительности  $Q$ . Отметим, что увеличение  $\eta_B^2 n$  связано с увеличением диаметра соединительных трубопроводов и количества параллельно работающих откачивающих насосов. В пределах возможных значений потерь напора в соединительных трубопроводах параметр  $h_B$  на значение  $(\eta_B^2 n)_0$  практически не влияет.

Для определения  $(\eta_B^2 n)_0$  получены аналитические выражения для случаев поступления нефти к месту откачки с обеих сторон и только с одной стороны. Так, например, для случая поступления нефти к месту откачки только с одной стороны

$$(\eta_B^2 n)_0 = \left( \frac{9,15}{h} \right)^{0,5}. \quad (3)$$

Уравнение (3) позволяет найти диаметр соединительных трубопроводов  $d_0$  при заданных  $h$  и  $n$  или же определить количество откачивающих насосов  $n$  при заданных  $h$  и  $d_0$ , при которых обеспечивается возможная наибольшая производительность освобождения полости участка трубопровода от нефти. Из (3) имеем

$$n = \left( \frac{D}{d_0} \right)^2 \cdot \left( \frac{9,15}{h} \right)^{0,5}, \quad (4)$$

где  $D$  – внутренний диаметр опорожняемого нефтепровода.

Так, например, для нефтепровода диаметром 1020 мм протяженностью опорожняемого участка 8,5 км (протяженность 8,5 км соответствует значению  $h=300$ ) при  $\frac{d_0}{D}=0,25$  и  $n=3$  обеспечивается наибольшая возможная производительность удаления продукта из полости нефтепровода, определяемая из выражения (1).

При аварийном разрыве труб магистральных нефтепроводов до установки откачивающих насосов происходит самотечное опорожнение через аварийный разрыв [4]. В результате анализа нами получено аналитическое выражение для определения расхода нефти через аварийный разрыв трубы магистрального нефтепровода в виде (1). Получены также расчетные формулы для определения безразмерных параметров расхода через разрыв –  $\bar{Q}_P$  для случаев поступления продукта к месту разрыва с обеих сторон и только с одной стороны. Параметры  $\bar{Q}_P$  зависят от площади разрыва и его гидравлического сопротивления истечению жидкости. Расчеты показали, что имеется такая предельная площадь разрыва  $F_{пр}$ , больше которой расход продукта через разрыв с увеличением его площади практически не повышается.

Нами получены расчетные формулы для определения предельной площади разрыва для случаев поступления продукта к месту разрыва с обеих сторон и только с одной стороны. Так, например, при поступлении продукта только с одной стороны

$$F_{\text{ПР}} = F_{\text{СВ}} = \left( \frac{26,01}{h} \right)^{0,5} . \quad (5)$$

В качестве примера рассмотрим опорожнение истечением через разрыв участка нефтепровода диаметром 1020 мм, протяженностью опорожняемого участка 8,5 км и  $h = 3000,0$ . Площадь предельного разрыва  $F_{\text{ПР}} = 0,2944 = F_{\text{СВ}}$  или  $F_{\text{ПР}} = 2310 \text{ см}^2$ .

Таким образом, получены аналитические зависимости, позволяющие произвести выбор технико-технологических параметров освобождения полости участка магистрального нефтепровода от продукта, которые обеспечивают максимально возможную производительность удаления продукта из нефтепровода.

### Литература

1. Гумеров А.Г., Зубаиров А.Г., Векштейн М.Г., Гумеров Р.С., Азметов Х.А. Капитальный ремонт подземных нефтепроводов. М.: Недра, 1999. 525 с.
2. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости). М.: Стройиздат, 1975. 323 с.
3. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. М.: Недра, 1970. 216 с.
4. Гумеров А.Г., Азметов Х.А., Гумеров Р.С., Векштейн М.Г. Аварийно-восстановительный ремонт магистральных нефтепроводов. М.: Недра, 1998. 272 с.

## SELECTION OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF PUMPDOWN PRODUCT FROM THE CAVITY PLOT OF OIL PIPELINE

I.A. Sagitov<sup>1</sup>, A.G. Gumerov, Kh.A. Azmetov

*Institute of Energy Resources Transportation GUP, Ufa, Russia*

*<sup>1</sup>e-mail: sagild@mail.ru*

**Abstract.** *The calculation formulas for determination of operating efficiency of product removal from pipe-line cavity by pump exhausting depending on section area and pressure head of a relieved pipe line so as to provide maximum possible operating efficiency of product removal from the pipe line. The obtained results can be used for breakdown maintenance of oil-trunk pipelines and overhaul of oil-products pipelines.*

**Keywords:** *oil-trunk pipeline, operating efficiency of product removal from pipe line cavity, emergency blowout, gravity-flowing discharge*

### References

1. Gumerov, A.G., Zubairov A.G., Vekshteyn M.G., Gumerov R.S., Azmetov Kh.A. Kapitalniy remont podzemnyh nefteprovodov (Overhaul of Underground Pipelines). Moscow: Nedra, 1999. 525 p.
2. Al'tshul' A.D., Kiselev P.G. Gidravlika i aerodinamika. Osnovy mekhaniki zhidkosti. (Hydraulics and Aerodynamics. Basics of Fluid Mechanics). Moscow: Stroyizdat, 1975. 323 p.
3. Al'tshul' A.D. Gidravlicheskie soprotivleniya (Hydraulic Resistances). Moscow: Nedra, 1970. 216 p.
4. Gumerov A.G., Azmetov Kh.A., Gumerov R.S., Vekshtein M.G. Avariinovosstanovitel'nyi remont magistral'nykh nefteprovodov (Emergency Reconditioning of Main Oil Pipelines). Moscow: Nedra, 1998. 272 p.