

УДК 622.692.4

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

Сагитов И.А.¹, Гумеров А.Г., Азметов Х.А.

ГУП «Институт проблем транспорта энергоресурсов» (ИПТЭР), г. Уфа
¹e-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. Sagitov¹, A.G. Gumerov, Kh.A. Azmetov

Institute of Energy Resources Transportation GUP, Ufa, Russia

¹e-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. Avariinovanostanovitel'nyi remont magistral'nykh nefteprovodov (Emergency Reconditioning of Main Oil Pipelines). Moscow: Nedra, 1998. 272 p.