

Н. Т. Филимоненко

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина

Классификация типов подач насосов с механическим и пневматическим вытеснителем

Приводится классификация типов подач жидкости насосами с механическими и пневматическими вытеснителями. Показано, что такие насосы могут осуществлять подачу стационарным, переменным, пульсирующим и прерывистым потоком. Каждый тип подачи характеризуется конкретной закономерностью изменения на периоде подачи и описывается с помощью параметров, имеющих дискретное значение или спектр изменения, характерный для конкретного типа подачи. Статья может быть интересна для специалистов, занимающихся вопросами технологии бурения.

Ключевые слова: классификация, частота, скважина, промывка, жидкость.

В настоящее время пока нет общепринятой классификации подач жидкости насосами, в которых энергия на жидкость передается механическим вытеснителем (поршень, плунжер, мембрана). Создаваемый им поток весьма условно можно отнести к стационарному (рис. 1.) даже при наличии компенсатора в нагнетательной линии.

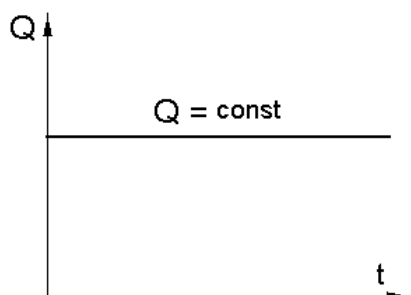


Рис. 1. Зависимость $Q = f(t)$, характеризующая стационарный поток жидкости

Работа пневматического насоса вытеснения характеризуется чередованием периодов заполнения корпуса насоса жидкостью и вытеснением ее в нагнетательную линию. Поэтому создаваемый им поток жидкости также нестационарен.

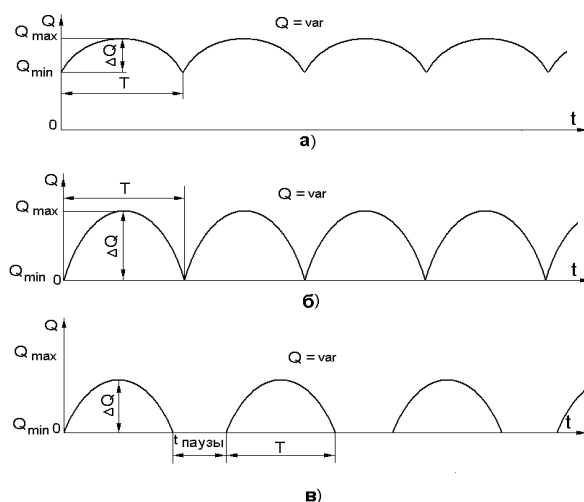


Рис. 2. Типы подачи жидкости за период импульса подачи T : переменным потоком (а); пульсирующим потоком (б); прерывистым потоком (в)

Известны исследования подачи жидкости применительно к промывке скважин нестационарным потоком [2]. Они и положены в основу классификации типов подач жидкости. Наличие такой классификации позволит по особенностям подачи жидкости насосами, в которых энергия на жидкость передается механическим вытеснителем или непосредственно сжатым воздухом определить ее место в предлагаемой классификации.

Устройства для создания нестационарного потока жидкости имеют разный принцип действия. По этой причине амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) возбуждаемого ими потока отличаются. Рассмотрим возможные типы подачи жидкости нестационарным потоком за период импульса подачи T (рис. 2).

В качестве критериев, по которому предлагается дифференцировать тип подачи жидкости, являются амплитуда ее изменения ΔQ за период одного импульса подачи T и наличие паузы продолжительностью $t_{паузы}$ между импульсами подачи.

При подаче жидкости переменным потоком (рис. 2,а) амплитуда изменения подачи ΔQ за период T будет определяться, как $\Delta Q = Q_{max} - Q_{min}$, где Q_{max} и Q_{min} соответственно максимальная и минимальная подача жидкости за период импульса подачи T . Для данного типа подачи всегда $Q_{min} > 0$.

Подача жидкости пульсирующим потоком (рис. 2,б) будет тогда, когда за период T она возрастает от нуля до Q_{max} и снижается до нуля, т.е. $\Delta Q = Q_{max}$.

При подаче жидкости прерывистым потоком (рис. 2,в) так же как и пульсирующим характерно изменение амплитуды подачи от нуля до Q_{max} , т.е. $\Delta Q = Q_{max}$. Однако основной характеристикой этого типа подачи является наличие одинаковых по времени пауз длительностью $t_{паузы}$ между одинаковыми по продолжительности импульсами подачи жидкости. Такие паузы отсутствуют при переменном или пульсирующем потоке жидкости.

Для того чтобы установить связь между типами подачи жидкости и условия перехода одного типа подачи в другой необходимы параметры (коэффициенты), однозначно описывающие характерные особенности потоков жидкости при конкретном типе подачи.

1. **Коэффициент импульсности** $k_{им}$ – это отношение амплитуды изменения подачи жидкости ΔQ к максимальной подаче Q_{max} за время импульса подачи.

$$k_{им} = \frac{\Delta Q}{Q_{max}} \quad (1)$$

2. **Коэффициент стационарности** $k_{ст}$. Показывает величину отношения минимальной подачи жидкости Q_{min} к максимальной Q_{max} за время импульса подачи.

$$k_{ст} = \frac{Q_{min}}{Q_{max}} \quad (2)$$

Коэффициент импульсности и коэффициент стационарности – взаимосвязанные между собой параметры, поскольку

$$k_{им} = \frac{\Delta Q}{Q_{max}} = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{max}} = 1 - \frac{Q_{min}}{Q_{max}} = 1 - k_{ст}. \quad (3)$$

Откуда

$$k_{им} + k_{ст} = 1 \quad (4)$$

Коэффициент стационарности также функционально связан с амплитудой подачи жидкости, так как

$$k_{ст} = \frac{Q_{min}}{Q_{max}} = \frac{Q_{max} - \Delta Q}{Q_{max}} = 1 - \frac{\Delta Q}{Q_{max}} = 1 - k_{им}. \quad (5)$$

Иследуем изменение коэффициента импульсности и коэффициента стационарности при изменении амплитуды подачи ΔQ от 0 до Q_{max} .

При $\Delta Q = 0$ имеем $k_{им} = \frac{\Delta Q}{Q_{max}} = \frac{0}{Q_{max}} = 0$. При $\Delta Q = Q_{max}$ $k_{им} = \frac{\Delta Q}{Q_{max}} = \frac{Q_{max}}{Q_{max}} = 1$. Таким образом, изменение коэффициента импульсности при варьировании амплитуды подачи ΔQ от 0 до Q_{max} происходит в спектре от 0 до 1 и иллюстрируется прямой 1, соединяющей точки **A** и **B** (рис. 3).

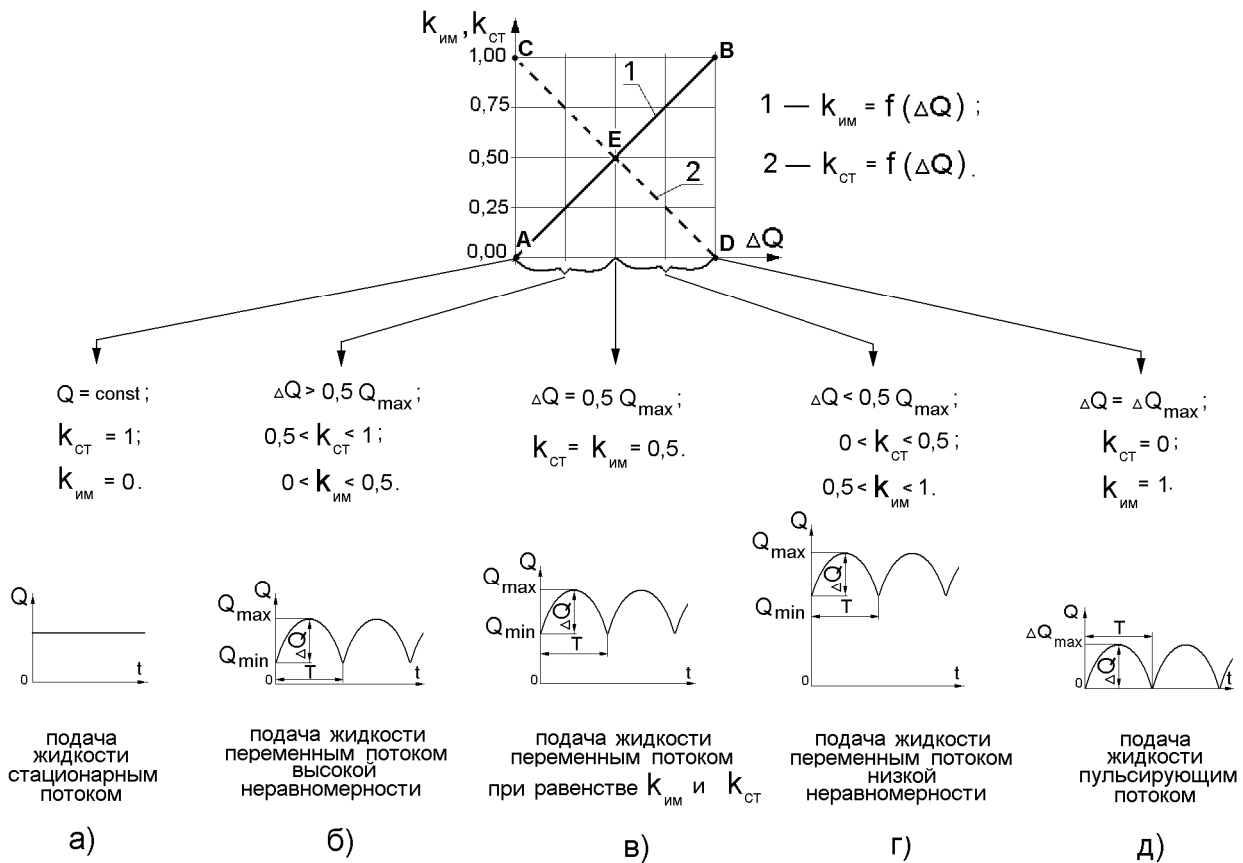


Рис. 3. Связь $k_{им}$ и $k_{ст}$ с типом подачи жидкости

Согласно (4) $k_{ст} = 1 - k_{им}$. При $\Delta Q = 0$ значение $k_{ст} = 1 - k_{им} = 1 - 0 = 1$. При $\Delta Q = Q_{max}$ величина $k_{ст} = 1 - k_{им} = 1 - 1 = 0$. Следовательно изменение $k_{ст}$ при варьировании амплитуды подачи ΔQ от 0 до Q_{max} происходит в спектре от 1 до 0 и иллюстрируется прямой 2 ($k_{ст} = f(\Delta Q)$), соединяющей точки С и D (рис. 3).

Рис. 3 показывает связь $k_{им}$ и $k_{ст}$ с типом подачи жидкости, поскольку значения $k_{им}$ и $k_{ст}$ в характерных точках на зависимости 1 — $k_{им} = f(\Delta Q)$ и 2 — $k_{ст} = f(\Delta Q)$ определяют конкретный тип подачи.

Точка А на зависимости $k_{им} = f(\Delta Q)$ (в ней $k_{им} = 0$) и точка С на зависимости $k_{ст} = f(\Delta Q)$ (в ней $k_{ст} = 1$) характеризуют подачу жидкости стационарным потоком (рис. 3,а). При таком типе подачи $Q = const$.

С увеличением $k_{им}$ и уменьшением $k_{ст}$ подача жидкости стационарным потоком переходит в подачу переменным потоком. Степень неравномерности подачи жидкости характеризует соотношение величин ΔQ и Q_{max} , т.е. численное значение $k_{им}$.

С возрастанием $k_{им}$ от 0 до 0,5 (участок между точками А и Е на зависимости 1 ($k_{им} = f(\Delta Q)$)) и убыванием $k_{ст}$ от 1 до 0,5 (участок между точками С и Е на зависимости 2 ($k_{ст} = f(\Delta Q)$)) подача жидкости стационарным потоком переходит в подачу жидкости переменным потоком высокой неравномерности (рис. 3,б) При этом $\Delta Q > 0,5 Q_{max}$.

В точке Е зависимости $k_{им} = f(\Delta Q)$ и $k_{ст} = f(\Delta Q)$ пересекаются. Эта точка характеризует подачу жидкости переменным потоком с одинаковым значением $k_{им}$ и $k_{ст}$, равным 0,5. При этом $\Delta Q = 0,5 Q_{max}$ (рис. 3,в).

При дальнейшем увеличении $k_{им}$ от 0,5 до 1,0 (участок между точками Е и В на зависимости 1 ($k_{им} = f(\Delta Q)$)) и убыванием $k_{ст}$ от 0,5 до 0 (участок между точками Е и D на зависимости 2 ($k_{ст} = f(\Delta Q)$)) подача жидкости переменным потоком характеризуется низкой неравномерностью. Для такой подачи характерно $\Delta Q < 0,5 Q_{max}$ (рис. 3,г).

В точке **В** зависимости $k_{им} = f(\Delta Q)$ значение $k_{им} = 1$. В точке **Д** зависимости $k_{ст} = f(\Delta Q)$ величина $k_{ст} = 0$. Таким образом, точки **В** и **Д** характеризуют переход подачи жидкости переменным потоком в подачу пульсирующим потоком (рис. 1.5, д), при которой $\Delta Q = Q_{max}$.

Из рис. 3 видно, как с изменением $k_{им}$ и $k_{ст}$, а также соотношения ΔQ и Q_{max} подача жидкости стационарным потоком переходит в подачу переменным потоком с разной степенью неравномерности, а далее – в подачу жидкости пульсирующим потоком. Следовательно, конкретные дискретные значения и спектры изменения коэффициентов импульсности и стационарности, а также соотношений ΔQ и Q_{max} определяют тип подачи жидкости стационарным, переменным и пульсирующим потоком жидкости.

Подача переменным потоком жидкости будет наблюдаться при работе двухцилиндрового поршневого насоса двухстороннего действия, а так же двух или трехплунжерного насоса, когда в нагнетательной линии отсутствует компенсатор, сглаживающий неравномерность подачи [1].

Подача пульсирующим потоком жидкости характерна для одноцилиндрового поршневого насоса одностороннего действия [1], а так же пневматических пульсационных насосов двойного действия [3, 4].

С появлением одинаковых по времени пауз длительностью $t_{паузы}$ между одинаковыми по продолжительности T импульсами подачи жидкости последняя становится прерывистой (рис. 2, в), которую характеризует коэффициент прерывистости $k_{пр}$ (6), показывающий величину отношения продолжительности паузы между подачей жидкости к периоду подачи.

$$k_{пр} = \frac{t_{паузы}}{T} \quad (6)$$

Рис. 4 иллюстрирует связь $k_{пр}$ с типом подачи жидкости, поскольку значения $k_{пр}$ в характерных точках на зависимости $k_{пр} = f(t_{паузы})$ определяют конкретный тип подачи.

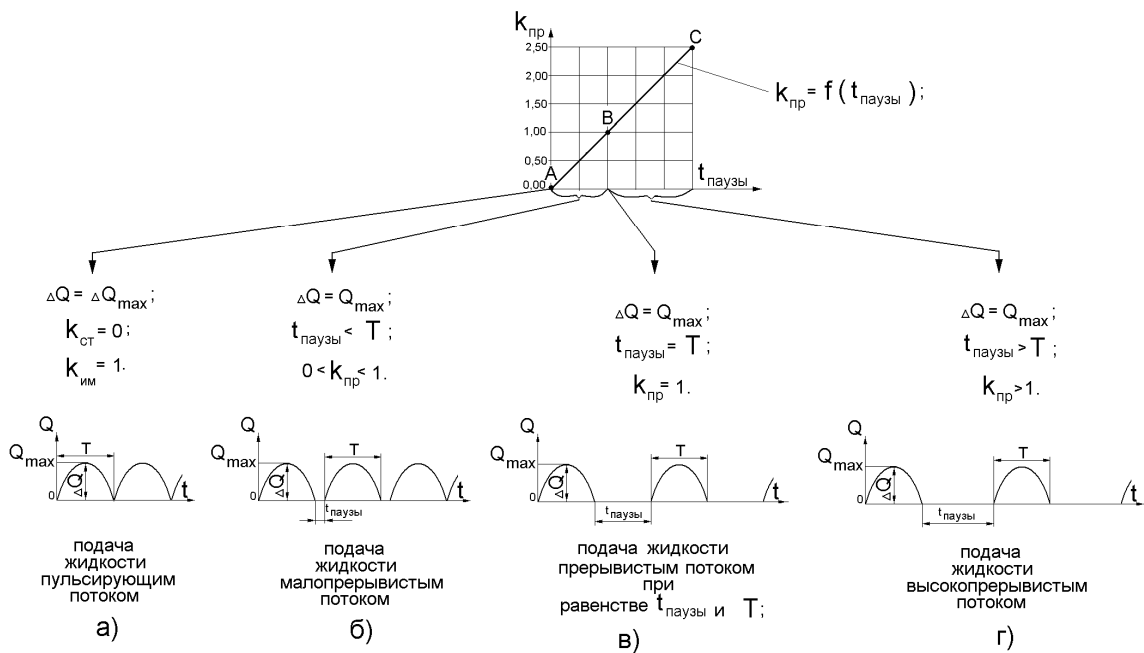


Рис. 4. Связь $k_{пр}$ с типом подачи жидкости

Точка **А** на зависимости $k_{пр} = f(t_{паузы})$ (рис. 4) соответствует подаче жидкости пульсирующим потоком (рис. 4, а). Пульсации следуют друг за другом без пауз между ними, т.е. $t_{паузы} = 0$. Следовательно $k_{пр}$ в этой точке = 0.

С увеличением $k_{пр}$ подача жидкости пульсирующим потоком переходит в прерывистую подачу разной степенью прерывистости. Степень прерывистости подачи жидкости характеризует величина отношения $t_{паузы}$ и T , т. е. численное значение коэффициента прерывистости.

При нахождении значения коэффициента прерывистости в спектре $0 < k_{пр} < 1,0$ (участок между точками **А** и **В** на зависимости $k_{пр} = f(t_{паузы})$) наблюдается подача жидкости малопрерывистым потоком (рис. 4, б) Здесь $t_{паузы} < T$.

В точке **B** зависимости $k_{np} = f(t_{наузы})$ значение $k_{np} = 1,0$. Эта точка характеризует прерывистую подачу жидкости с равным по времени значением $t_{наузы}$ и T (рис. 4,в).

При дальнейшем возрастании k_{np} (участок от точки **B** до точки **C** зависимости $k_{np} = f(t_{наузы})$) подача становится высокопрерывистой (рис. 4,г). На этом участке $t_{наузы} > T$.

Следует отметить, что точка **C** на зависимости $k_{np} = f(t_{наузы})$ не ограничивает значение k_{np} .

При подаче жидкости прерывистым потоком, как и пульсирующим потоком $k_{cm} = 0, k_{um} = 1, \Delta Q = Q_{max}$.

Из рис. 4 видно, как с изменением k_{np} , подача жидкости пульсирующим потоком переходит в подачу прерывистым потоком с разной степенью прерывистости. Следовательно, конкретные дискретные значения и спектры изменения коэффициента прерывистости определяют тип подачи жидкости пульсирующим и прерывистым потоком жидкости.

В табл. 1 приведены типы подачи жидкости насосами, в которых энергия на жидкость передается механическим вытеснителем или непосредственно сжатым воздухом и значения параметров, определяющих конкретный тип подачи.

Таблица 1 – Типы подачи жидкости и значения параметров, определяющих конкретный тип подачи.

Тип подачи жидкости	Значения параметров, определяющих конкретный тип подачи
Стационарным потоком	$k_{cm} = 1; k_{um} = 0; k_{np} = 0.$
Переменным потоком высокой неравномерности	$0 < k_{um} < 0,5; 0,5 < k_{cm} < 1; k_{np} = 0;$ $\Delta Q < 0,5Q_{max}.$
Переменным потоком при равенстве k_{um} и k_{cm}	$k_{um} = k_{cm} = 0,5; k_{np} = 0;$ $\Delta Q = 0,5Q_{max}.$
Переменным потоком низкой неравномерности	$0,5 < k_{um} < 1,0; 0 < k_{cm} < 0,5; k_{np} = 0;$ $\Delta Q > 0,5Q_{max}.$
Пульсирующим потоком	$k_{cm} = 0; k_{um} = 1,0; k_{np} = 0;$ $\Delta Q = Q_{max}.$
Малопрерывистым потоком	$k_{cm} = 0; k_{um} = 1,0; 0 < k_{np} < 1,0;$ $\Delta Q = Q_{max}.$
Прерывистым потоком с равной величиной $t_{наузы}$ и T	$k_{cm} = 0; k_{um} = 1,0; k_{np} = 1,0;$ $\Delta Q = Q_{max}.$
Высокопрерывистым потоком	$k_{cm} = 0; k_{um} = 1,0; k_{np} > 1,0;$ $\Delta Q = Q_{max}.$

Выводы

1. Подача жидкости насосами, в которых энергия на жидкость передается механическим вытеснителем или непосредственно сжатым воздухом может быть осуществлена стационарным, переменным, пульсирующим и прерывистым потоком, каждый из которых имеет характерную закономерность изменения подачи жидкости и описывается с помощью параметров, имеющих только присущее конкретному способу подачи дискретное значение или конкретный спектр изменения (табл. 1).

2. Подача прерывистым потоком жидкости характерна для пневматических насосов вытеснения. Ее особенность – наличие в рабочем цикле насоса пассивной части, в течение которой происходит заполнение вытеснительной камеры за счет гидростатического давления столба жидкости

и атмосферного давления. При этом циркуляция жидкости в нагнетательной линии отсутствует. Прерывистый тип подачи также создают погружные штанговые насосы одинарного действия.

Библіографічний список

1. Караев М. А. Гидравлика буровых насосов / М. А. Караев. – М.: Недра, 1975. – 184 с.
2. Кожевников А.А. Импульсная промывка скважин / А.А. Кожевников, Н.Т. Филимошенко, Н. В. Жикаляк. - Донецк: Изд-во «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2010. – 275 с.
3. Пульсационный насосный агрегат: а.с.1724934 СССР МКІ F04В47/00/ В. А. Русанов, И В. Равилов, Н. Т. Филимошенко, А. А. Каракозов, О. А. Ерофеев. – заявл. 19.02 1990; опубл.07.04.1992, БИ N 13.
4. Пульсацийний насос: деклараційний патент на винахід 58961А МКІ F04В47/00/ А. А. Каракозов, М. Т. Филимошенко, В. В. Угнівенко, О. В. Паршков. – заявл. 29.11.2003; опубл. 15.08.2003, Бюл. № 8. – 10 с.

Надійшла до редакції 03.03.2012

М. Т. Филимошенко

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, Україна

Класифікація типів подач насосів з механічним і пневматичним витіснювачем

Наведено класифікацію типів подач рідини насосами з механічними і пневматичними витіснювачами. Доведено, що такі насоси можуть здійснювати подачу стаціонарним, змінним, пульсуючим і переривчастим потоком. Кожен тип подачі характеризується конкретною закономірністю зміни на періоді подачі і описується за допомогою параметрів, що мають дискретне значення або спектр зміни, характерний для конкретного типу подачі. Стаття може бути цікава для фахівців, що займаються питаннями технології буріння.

Ключові слова: класифікація, частота, свердловина, промивання, рідина.

N. T. Filimonenko

Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine

Classification of the Types of Liquid Supply by Pumps with Mechanical and Pneumatic Pistons

Classification of the types of liquid supply by pumps with mechanical and pneumatic pistons is given. It is proved that such pumps can supply liquids as stationary, variable, pulsing and intermittent flows. Each type of the supply is characterized by a particular regularity of the change during the supply period and is described by means of the parameters having discrete value or the spectrum of change typical of a particular supply type. The article can be of interest for the specialists, who study the problems of drilling technologies.

Key words: classification, frequency, bore hole, washing, liquid.