



УДК 622

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СКВАЖИННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF THE BOREHOLE PUMPING UNIT

Гасанов Фазиль Гурбан Оглы

доктор философии по техническим наукам
НИПИ «Нефтегаз», SOCAR, Баку, Азербайджан
fazilq.hasanov@socar.az

Hasanov Fazil Gurban

PhD in Technical Sciences
Oil Gas Scientific Research Project
Institute, SOCAR, Baku, Azerbaijan
fazilq.hasanov@socar.az

Аннотация. В штанговой скважинной насосной установке дополнительные силы инерции, возникающие в точке подвеса штанги от веса штанги и жидкости, зависят от закона движения точки подвеса штанги. В штанговой насосной установке с индивидуальным приводом, из-за изменения скорости и ускорения точки подвеса штанг по значению и направлению от весов штанги и жидкости создаются дополнительные силы инерции. Для устранения инерционных сил предлагается использование гидропоршневого насоса, совершающего прямолинейное равномерное движение в скважине и подвешивание штанговой колонны плунжера штангового насоса к подвесу поршня гидропоршневого насоса. Поршень гидропоршневого насоса приводится в движение закачиванием под поршень рабочей жидкости из приустьевой ёмкости с помощью насоса.

Annotation. In a sucker rod pumping unit, additional inertial forces arising at the rod suspension point from the action of the rod weight and fluid depend on the law of motion of the rod suspension point. In a sucker rod pumping unit with an individual drive – a pumping unit, due to a change in the speed and acceleration of the rod suspension point in value and direction from the weights of the rod and liquid, additional inertial forces are created. To eliminate inertial forces, it is proposed to use a hydraulic piston pump, which performs a straight-line uniform movement in the well and suspends the rod string of the sucker rod pump plunger to the suspension of the hydraulic piston pump piston. The piston of the hydraulic piston pump is driven by pumping the working fluid from the well-head reservoir under the piston using a pump.

Ключевые слова: штанговая насосная установка, насосно-компрессорная труба, привод, плунжерная пара, подвес штанговой колонны, деформация, длина хода, силы инерции, силы трения, гидропоршневой насос.

Keywords: sucker rod pumping unit, tubing, drive, pumping unit, plunger pair, rod string suspension, deformation, stroke length, inertial forces, friction forces, hydraulic piston pump.

В нефтегазодобыче широко распространено применение штанговой глубинной насосной установки [1]. Силы, действующие на точку подвеса штанги, зависят от подземных оборудований установки и закона движения точки подвеса штанги. Наибольшая и наименьшая нагрузки, действующие на подвес штанги возникают соответственно при его движении вверх и вниз [2]:

$$P_{вр} = P_{шт} + P_{ж} + P_{иншт} + P_{инж} + P_{тр}. \quad (1)$$

$$P_{вн} = P_{шт} - P_{иншт} - P_{инж} - P_{тр}. \quad (2)$$

Здесь $P_{шт}$ – вес штанги в жидкости; $P_{ж}$ – вес поднимаемого столба жидкости; $P_{иншт}$, $P_{инж}$ – силы инерции соответственно штанги и жидкости; $P_{тр}$ – силы трения штанги в жидкости и трубе, плунжера в цилиндре.

Сила инерции, возникающая от веса штанги:

$$P_{иншт} = \frac{P_{штв}}{g} w_{пд}, \quad (3)$$

где $P_{штв}$ – вес штанги в воздухе; $w_{пд}$ – ускорение точки подвеса штанги.

Сила инерции, возникающая от веса жидкости

$$P_{инж} = \frac{P_{ж}}{g} \cdot \frac{F - f_{шт}}{F_T - f_{шт}} w_{пд}, \quad (4)$$

$f_{шт}$ и F_T – площади поперечных сечений соответственно штанги и трубных колонн, $см^2$; F – площадь поперечного сечения плунжера насоса, $см^2$.

В штанговой скважинной насосной установке с индивидуальным приводом – станком качалкой из-за изменения скорости и ускорения точкой подвеса штанги по значению и направлению от весов штанги и жидкости возникают дополнительные силы инерции.



Создавая равномерное прямолинейное движение точки подвеса штанги, движущейся вверх и вниз, можно устранить ускорение точки подвеса и силы инерции, возникающие соответственно от весов штанги и жидкости. В этом случае, при движении вверх и вниз по причине уменьшения дополнительных динамических нагрузок, действующих на подвес штанги формулы (1) и (2) будут выглядеть так:

$$P_{вр} = P_{шт} + P_{ж} + P_{тр}; \quad (5)$$

$$P_{вн} = P_{шт} - P_{тр}. \quad (6)$$

При движении вверх на точку подвеса штанги действуют веса штанги и жидкости, сила трения; а при движении вниз вес штанги и силы трения. При этом насос наполняется лучше, а за счёт уменьшения амплитуд максимальных и минимальных нагрузок срок эксплуатации штанг возрастает.

Предлагается вместо приустьевого привода на определённой глубине скважины внутри насосно-компрессорной трубы использовать гидропоршневой насос [3]. На поршень гидропоршневого насоса подвешивается штанговая колонна и на её конец подвешивается плунжер штангового насоса. В этом случае совместная деформация штанговой и трубных колонн определяется из следующего выражения:

$$\lambda = \frac{P_{ж}}{E} \left(\frac{L_1}{f_{шт}} + \frac{L_1}{f_{b1}} + \frac{L_2}{f_{b2}} \right), \quad (7)$$

здесь L_1 , L_2 – длины соответственно 1-ой и 2-ой ступени колонн насосно-компрессорных труб.

За счёт применения в скважине гидропоршневого насоса длина штанговой колонны и соответствующая ей деформация и собственные колебательные движения уменьшаются.

На рисунке показана конструкция предлагаемой скважинной насосной установки. Установка состоит из ёмкости 1 рабочей жидкости, приустьевого силового насоса 2, трёхходового переключающего клапана 3, отсечного регулирующего клапана 4, колонной головки 5, трубной колонны 6 для передачи рабочей жидкости, второй и первой 7 ступеней двухступенчатой колонны насосно-компрессорных труб, гидропоршневого насоса 8, штанговой колонны 9, штангового скважинного насоса 10. Двухступенчатая колонна насосно-компрессорных труб подвешена на колонную головку. Штанговый глубинный насос с цилиндром, плунжером, нагнетающим и всасывающим клапанами насажена на нижний конец первой ступени колонны насосно-компрессорных труб. Гидропоршневой насос с цилиндром, поршнем и подвесом штанговой колонны насажена на нижний конец второй ступени колонны насосно-компрессорных труб. Поршень гидропоршневого насоса подвижно размещён на конце колонны труб, которая подаёт рабочую жидкость. На подвес гидропоршневого насоса подвешена штанговая колонна и на её конец подвешен плунжер штангового насоса. Цилиндр штангового насоса насажен на конец первой ступени колонны насосно-компрессорных труб.

Принцип работы установки следующий. Силовой насос 2 принимает рабочую жидкость из приустьевого ёмкости 1 и закачивает её посредством колонны труб 6 для подачи рабочей жидкости под поршень в цилиндре гидропоршневого насоса 8. Под давлением рабочей жидкости поршень гидропоршневого насоса, двигаясь вверх, поднимает вместе с собой прикреплённую к нему штанговую колонну. Поднятием штанговой колонны 9, плунжер в цилиндре штангового насоса 10 так же поднимается. При движении вверх плунжера нагнетательный клапан закрывается и поднимает жидкость над ним, а всасывающий клапан открывается и скважинная продукция из пласта поступает в цилиндр штангового насоса. В конце хода вверх поршня гидропоршневого насоса рабочая жидкость, закачиваемая в него устьевым насосом, посредством трёхходового переключающего клапана 3 направляется в ёмкость, отсечной регулирующей клапан 4 открывается и поршень гидропоршневого насоса под тяжестью штанговой колонны, вытесняя жидкость под собой, опускается и вместе с ним опускается плунжер штангового насоса. Вытесняемая рабочая жидкость в объёме, соответствующем ходу поршня, возвращается в устьевую ёмкость. При движении плунжера вниз всасывающий клапан штангового насоса закрывается, нагнетательный клапан открывается и скважинная продукция поднимается над плунжером. За счёт подачи рабочей жидкости под поршень гидропоршневого насоса при помощи устьевого силового насоса поршень гидропоршневого насоса, штанговая колонна и плунжер штангового насоса поднимаются вверх. А на конце этого хода подвеса штанговой колонны трёхходовой переключающий клапан 3 на устье скважины, изменяя направление рабочей жидкости, подаваемой из ёмкости, возвращает её обратно в ёмкость и включается отсечной регулирующей клапан 4. Из-за тяжести штанговой колонны, поршень гидропоршневого насоса вытесняет рабочую жидкость под ним в объёме, соответствующем длине хода поршня, возвращает обратно в ёмкость. Таким образом, за счёт периодической подачи рабочей жидкости посредством силового насоса и трёхходового переключающего клапана из устьевого ёмкости под поршень в цилиндре гидропоршневого насоса и в ёмкость, создаётся возвратно-поступательное движение поршня гидропоршневого насоса, штанговой колонны и плунжера штангового насоса и в результате этого скважинная продукция поднимается на земную поверхность.

Экономическая эффективность применения предлагаемой скважинной насосной установки достигается за счёт надёжности установки и увеличения срока эксплуатации, уменьшения расходов электрической энергии, движения рабочей жидкости по замкнутому циклу и отсутствия необходимости в постоянной подготовке рабочей жидкости.

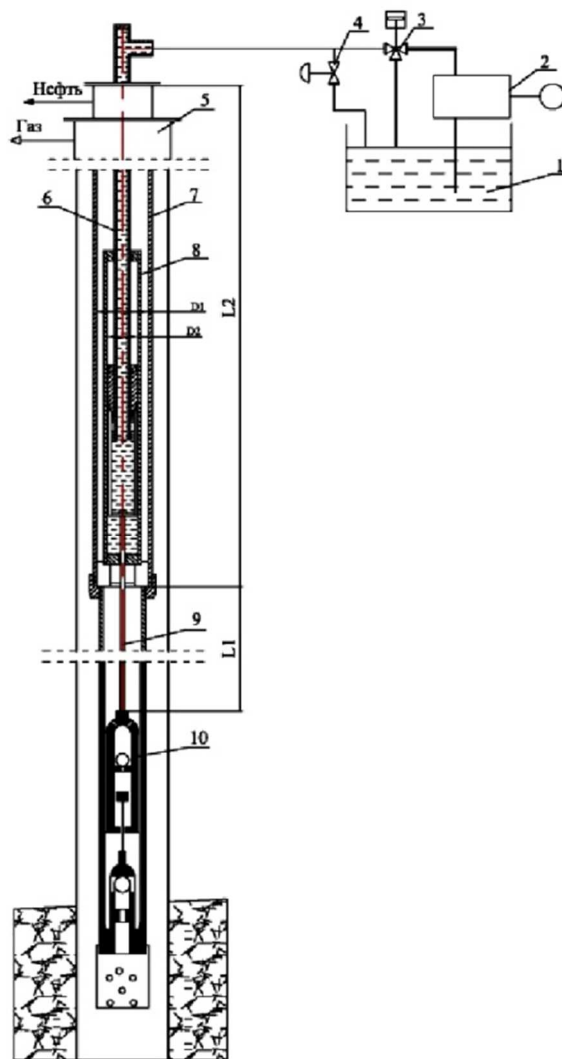


Рисунок – Скважинная насосная установка

Выводы

1. Созданием прямолинейного равномерного движения точки подвеса штанги, движущегося возвратно-поступательно, можно уменьшить ускорение и возникающие под его воздействием дополнительные силы инерции.

2. Применением в скважине гидропоршневого насоса можно уменьшить длину штанговой колонны и соответственно ей деформацию, собственные колебательные движения штанг и силы инерции.

Литература:

1. Аливердизаде К.С. Приводы штангового глубинного насоса. – М. : Недра, 1973. – 192 с.
2. Чичеров Л.Г. Нефтепромысловые машины и механизмы. – М. : Недра, 1983. – 312 с.
3. Исмаилов Ф.С., Гасанов Ф.Г., Байрамов С.Б. Комбинированная скважинная насосная установка. Патент Азербайджанской Республики № 2019 0093

References:

1. Aliverdizadeh K.S. Drives of rod deep pump. – M. : Nedra, 1973. – 192 с.
2. Chicherov L.G. Oilfield machines and mechanisms. – M. : Nedra, 1983. – 312 с.
3. Ismailov F.S., Hasanov F.G., Bayramov S.B. Combined well pumping unit. Patent of Republic of Azerbaijan № 2019 0093