

УДК 62-522.2

УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСА ГИДРОИМПУЛЬСНОГО МЕХАНИЗМА БУРОВОГО СТАНКА

Д.В. Федин, Л.А. Саруев

Томский политехнический университет

E-mail: dv.fedin@gmail.com

Представлен способ регулирования энергии гидроимпульсного механизма для бурения геологических скважин малого диаметра, используемого при проходке горных пород различной прочности.

Ключевые слова:

Бурение, импульс, регулирование, разрушение горной породы.

Key words:

Drilling, pulse, regulation, destruction of rock.

На сегодняшний день исследования в области бурения скважин малого диаметра (40...70 мм) для проведения геологоразведочных работ имеют высокое значение в части повышения производительности и ресурсосбережения производственных процессов. Прогрессивным направлением в развитии машин и механизмов вращательно-ударного действия является создание силовых импульсных систем с гидравлическим приводом.

В работе [1] показано действие разработанного гидроимпульсного силового механизма (рис. 1), способствующего интенсификации разрушения за счет снижения динамических характеристик прочности горной породы.

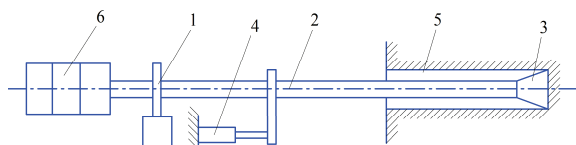


Рис. 1. Станок для бурения скважин в подземных условиях

Станок для бурения скважин в подземных условиях включает следующие основные технологические узлы и механизмы (рис. 1):

- вращательный узел – 1 шпиндельного или роторного типа. Он предназначен для придания вращения колонне буровых штанг – 2 с буровым долотом – 3;
- механизм подачи – 4 с гидравлическим или механическим приводом для подачи бурового инструмента в составе колонны буровых штанг – 2 и бурового долота – 3 на забой буровой скважины – 5;
- генератор ударных гидравлических импульсов – 6.

Станок для бурения скважин в подземных условиях работает следующим образом (рис. 1). Приводят в действие вращательный узел – 1, в результате чего буровой инструмент в составе колонны буровых штанг – 2 и бурового долота – 3 получает вращение. После этого включают в работу механизм подачи – 4, который обеспечивает продвижение бурового инструмента к забою скважины – 5 и плотный контакт бурового долота – 3 с горной по-

родой забоя. Затем приводят в действие генератор ударных гидравлических импульсов – 6 [1].

Исследования вращательного бурения режущим инструментом с наложением на него высокоэнергетических упругих колебаний показали возможность в 2...2,5 раза интенсифицировать процесс разрушения горных пород, в 1,5...2 раза повысить износостойкость режущего инструмента, на 2–3 категории крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова, расширить область эффективного применения вращательного бурения скважин при повышении производительности труда на 40...70 % [1]. Применение гидроимпульсного механизма в буровых установках способствует интенсификации разрушения за счет снижения динамических характеристик прочности горной породы.

При бурении слоев породы различной твердости возникают сложности в выборе режима бурения. При проходке слоев горной породы высокой твердости требуется увеличение интенсивности бурения, при бурении породы низкой твердости, наоборот – уменьшение. В связи с этим возникает необходимость в регулировании интенсивности процесса бурения. С этой целью было разработано устройство для регулирования энергии импульса гидроимпульсного механизма.

Устройство для регулирования энергии импульса гидроимпульсного механизма бурового станка содержит вращательный узел, механизм подачи бурового инструмента на забой и ударный узел. Ударный узел выполнен в виде генератора ударных гидравлических импульсов, который состоит из гидравлически соединенных между собой гидропульсатора с приводом и размещенных в одном корпусе устройства для коррекции формы гидравлических импульсов и силового гидроцилиндра с поршнем. Устройство для коррекции формы гидравлических импульсов представляет собой полый упругий элемент с нелинейной характеристикой, заполненный рабочей жидкостью и зажатый посредством пружины между инерционной массой и днищем силового гидроцилиндра. Поршень силового гидроцилиндра подпружинен и расположен на хвостовике колонны буровых штанг. Гидропульсатор

представлен в виде генератора ударных гидравлических импульсов с регулируемым объемом вытесняемой жидкости в замкнутую полость, включающий нерегулируемые генераторы колебаний, концы валов которых имеют винтовые шлицы противоположного наклона и шлицевую муфту с возможностью ее перемещения и изменения угла сдвига фаз между валами генераторов колебаний.

Генератор ударных гидравлических импульсов (рис. 2) состоит из гидравлически связанных между собой генератора формирования импульсов давления замкнутой полости и размещенных в одном корпусе – 7 устройства для коррекции формы гидравлических импульсов – 8 и силового гидроцилиндра – 9. Генератор формирования импульсов давления в замкнутой полости состоит из нерегулируемых генераторов – 10, 11. Генератор – 10 выполнен в виде кулачкового механизма, генератор – 11 представлен в виде плунжера и соединен с электродвигателем – 12 кривошипно-шатунным механизмом – 13. Концы валов – 14 нерегулируемых генераторов имеют винтовые шлицы противоположного наклона и шлицевую муфту – 15. Устройство для коррекции формы гидравлических импульсов представляет собой полый упругий элемент – 8, который заполнен жидкостью, имеет нелинейную характеристику и посредством патрубка – 16 соединен с силовым гидроцилиндром – 9. Этот полый упругий элемент с помощью пружины – 17 зажат между инерционной массой – 18 и днищем гидроцилиндра – 9, вследствие чего в поперечном сечении он приобретает эллипсоидную форму. При этом поршень – 19 силового гидроцилиндра – 9 поджат пружиной – 20 и оперт о хвостовик – 21 колонны буровых штанг.

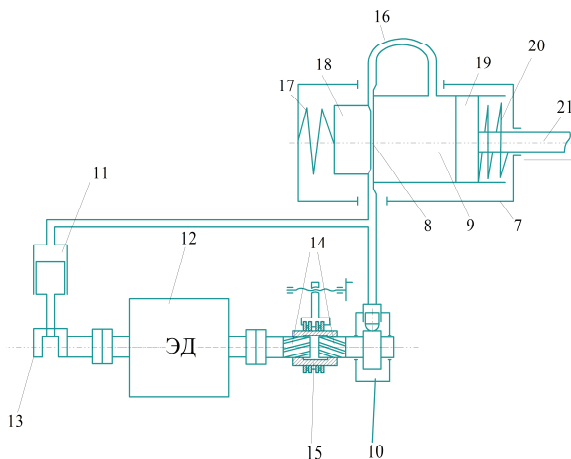


Рис. 2. Генератор ударных гидравлических импульсов

При включении привода – 12 генератора формирования импульсов давления в замкнутой полости нерегулируемые генераторы – 10, 11 совершают возвратно-поступательные движения (рис. 2), которые вызывают образование гидравлических импульсов, в том числе в полости силового гидроцилиндра – 9. Сформированный ударный гидравлический импульс поступает в силовой гидравли-

ческий цилиндр – 9, воздействует на поршень – 19 и через хвостовик – 21 по колонне буровых штанг – 2 достигает бурового долота – 3. Под его воздействием буровое долото – 3 внедряется в горную породу забоя скважины – 5 и тем самым обеспечивает повышение эффективности процесса бурения.

Регулирование происходит за счет изменения объема жидкости [2].

Как следует из кинематики между перемещением A плунжеров генераторов – 10, 11 и угловой скорости ω приводного двигателя существует соотношение:

$$A=A_1 \cdot \sin \omega t, A=A_2 \cdot \sin \omega t,$$

где A – текущая координата плунжера; ω – угловая скорость приводного двигателя; t – время; $A_{1,2}$ – ход плунжера.

Тогда объем пульсирующего потока или просто пульсирующий поток, развиваемый первым и вторым генераторами, соответственно, равен:

$$Q_1=A_1 \cdot f_1 \cdot \sin \omega t, A=A_2 \cdot f_2 \cdot \sin \omega t,$$

где $f_{1,2}$ – площадь плунжера.

Поскольку генераторы колебаний – 10 и 11 гидравлически между собой связаны и через муфту – 15 имеют жесткую регулируемую кинематическую связь, то, когда плунжеры перемещаются синфазно, т. е. когда одновременно проходят верхнюю и нижнюю «мертвые точки», суммарный пульсирующий поток, развиваемый генераторами, равен сумме

$$Q=Q_1+Q_2, Q=A_1 \cdot f_1 \cdot \sin \omega t+A_2 \cdot f_2 \cdot \sin \omega t, \quad (1)$$

если $A_1 \cdot f_1=A_2 \cdot f_2$, то $Q=2A_1 \cdot f_1 \cdot \sin \omega t$.

Если между перемещениями плунжеров генераторов колебаний – 10 и 11 нарушена синфазность, т. е. верхние и нижние «мертвые точки» они проходят неодновременно, то это рассогласование характеризуется углом сдвига фаз ψ и является углом относительного поворота валов генераторов колебаний – 10 и 11.

Так как генераторы колебаний – 10 и 11 имеют общий приводной двигатель – 12, вращающий их с угловой скоростью ω , а валы – 14 генераторов рассогласованы на угол ψ муфтой – 15, то суммарный пульсирующий поток определится теперь как геометрическая сумма $Q=Q_1+Q_2$, или как сумма сдвинутых на угол ψ синусоид одинаковой частоты:

$$Q=A_1 \cdot f_1 \cdot \sin \omega t+A_2 \cdot f_2 \cdot \sin(\omega t+\psi). \quad (2)$$

Отсюда видно, что если $\psi=0$, то в результате получаем формулу (1), если $\psi=180^\circ$, то

$$Q=A_1 \cdot f_1 \cdot \sin \omega t+(-A_2 \cdot f_2 \cdot \sin \omega t),$$

и при условии $A_1 \cdot f_1=A_2 \cdot f_2$ $Q=0$ (при условии одинакового объема нерегулируемым генераторов).

Формула (2) отражает случай, когда за один оборот вала генератора ударных гидравлических импульсов плунжеры совершают один двойной ход. Если конструктивное выполнение генераторов колебаний таково, что плунжеры совершают n двойных ходов за один оборот вала, то формула для определения пульсирующего потока принимает вид:

$$Q=A_1 \cdot f_1 \cdot \sin \omega t+A_2 \cdot f_2 \cdot \sin(n\omega t+n\psi).$$

Таким образом, изменяя относительный угол сдвига фаз между валами генераторов колебаний — 10 и 11 от 0 до $180^\circ/n$, пульсирующий поток изменяется от максимума до 0.

Регулирование угла сдвига фаз ψ осуществляется осевым перемещением муфты — 15 по винтовым шлицам валов генераторов колебаний.

Рациональным выбором угла наклона шлицев определяется необходимая величина осевого перемещения муфты — 15 для изменения пульсирующего потока от 0 до максимума.

Как было показано в работе [1] изменение объема пульсирующей жидкости способствует изменению амплитуды формируемого импульса, а соответственно и энергии силового импульса в бурильной трубе. Увеличение объема пульсирующего потока при неизменных параметрах рукава высокого давления (полый упругий элемент, рис. 2, 8) приводит к увеличению интенсивности бурения, при уменьшении наоборот — интенсивность снижается.

В условиях сложного геологического строения исследуемого контура залегания горной породы инженер способен регулировать интенсивность бурения, опираясь на возможности разработанного

устройства, и тем самым придерживаться заданной производительности бурения.

Выводы

Применение разработанного устройства регулирования энергии импульса гидроимпульсного механизма позволяет выбрать оптимальный режим бурения при проходке горных пород различной твердости за счет изменения подаваемого объема пульсирующей жидкости генераторами колебаний в полость силового гидроцилиндра.

Устройство регулирования энергии импульса гидроимпульсного механизма позволяет производить регулирование в пределах от 0 до $2Q$ (где Q — объем генератора колебаний) при условии равенства объемов используемых генераторов колебаний.

Работа подготовлена при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. Наименование и регистрационный номер проекта: «Исследование взаимодействия силовых импульсов в буровом инструменте и массиве горных пород при бурении штуров и скважин из подземных горных выработок», ГК 2.445С2010 от 03.09.2009 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федин Д.В., Шадрин А.В., Саруев Л.А. Экспериментальные исследования механизма формирования гидравлических импульсов для разрушения горных пород при бурении // Известия Томского политехнического университета. — 2012. — Т. 321. — № 1. — С. 175–178.

2. Устройство для регулирования энергии импульса гидроимпульсного механизма бурового станка: пат. 124298 Рос. Федерация. № 2012132378; заявл. 27.07.12; опубл. 20.01.13, Бюл. № 2. — 3 с.

Поступила 14.05.2013 г.