

Усилия в сечениях находятся по значению частной производной этой функции по x . Для разработанного устройства при ликвидации прихвата колонковой трубы диаметром 89 мм в зависимости от скорости бойка в пределах 2-5 м/с достигается сила удара 135-340 кН.

Литература

1. Устройство для ликвидации прихватов бурового снаряда. Патент на изобретение № 96491UA МПК(2006.01) E21B 31/113 / Каракозов А.А., Парфенюк С.Н., Рязанов А.Н., Сагайдак И.Д., Дерягина Д.А., Опубл. 10.11.2011, Бюл. №21.

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ШАРОСТРУЙНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Д. Г. Дубинский, А. Р. Вагапов, Д. А. Нечаев

Научный руководитель, старший преподаватель А. В. Ковалев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время в мировой практике бурения скважин наблюдается тенденция к повышению объема бурения в твердых горных породах, характеризующегося низкими значениями механической скоростью бурения и проходки на долото. В связи с этим, актуальность приобретают разработки альтернативных способов разрушения твердых горных пород. Одним из перспективных является шароструйное бурение, суть которого заключается в разрушении пород ударами непрерывно циркулирующих в призабойной зоне скважины металлических шаров. Циркуляция осуществляется при помощи шароструйно-эжекторного бурового снаряда (ШЭБС). Потенциально, данный способ может дать значительный прирост скорости бурения в интервалах твердых горных пород, снизить денежные затраты за счет сокращения времени проведения спуско-подъемных операций. Кроме того, шароструйный способ, легко вписываясь в существующую технологию бурения с выносом шлама промывочной жидкостью, не потребует значительного переоборудования буровой установки.

Впервые способ разрушения горных пород ударами шаров был предложен в 1955 г. группой ученых американской нефтяной компании «Картер Ойл К^о». В качестве устройства, позволяющего осуществлять разгон и рециркуляцию шаров, исследователями был выбран струйный насос. Ими были исследованы процессы передачи энергии от жидкости шарам и от шаров горной породе, влияние геометрических размеров на характеристики струйного насоса, как основной части гравитационно-инжекционного долота, влияние размера и массы порции шаров. Однако уже в 1961 г. один из участников группы Л. У. Леджервуд отметил: «Импульсное шариковое бурение не имеет практического применения. На достигнутом уровне с его помощью можно разрушать породы, но с экономической точки зрения этот процесс значительно менее выгоден, чем обычное вращательное бурение» [5]. Данные выводы обусловлены методической ошибкой: при проведении экспериментов американские ученые, делая акцент на определение физической сущности работы шароструйных аппаратов, бурили различные по крепости горные породы при одинаковой скорости вылета шаров из аппарата, равной 22,8 м/с. Кроме того, буровой снаряд, который ученые назвали «гравитационно-инжекционным», имел ряд недостатков. Специальные лапы 7 (рис. 1), контактирующие с забоем скважины для поддержания оптимального расстояния между долотом и забоем, перекрывали часть забоя, создавая необходимость во вращении снаряда, и относительно быстро изнашивались. Также приходилось поддерживать оптимальный расход жидкости, т.к. при его уменьшении «облако резервных шаров» располагалось ниже сопла, а при увеличении – выше, что приводило к снижению расхода шаров в камере смешения и, как следствие, к падению эффективности бурения.

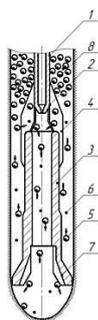


Рисунок 1.
«Гравитационно-инжекционный» буровой снаряд:

1 – колонна буровых труб; 2 – сопло; 3 – камера смешения; 4 – ребра;
5 – породоразрушающие шары; 6 – шлам выбуренной породы; 7 – лапы;
8 – «облако резервных шаров»

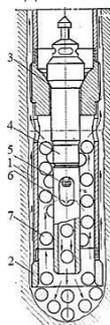


Рисунок 2.
Шароструйно-эжекторный буровой снаряд с механическим вооружением лопастного типа (по А. Б. Увакову):
1 – корпус;
2 – породоразрушающий опорный башмак;
3 – гнездо;
4 – струйный аппарат;
5 – сопло; 6 – камера смешения с окнами;
7 – шары

Несмотря на отрицательные выводы первооткрывателей шароструйного бурения, данный способ продолжал вызывать интерес у некоторых исследователей. С 1963 г. в Южно-Казахстанском геологическом управлении под руководством А. Б. Увакова проводились работы по применению ШЭБС для искусственного искривления геологоразведочных скважин. Ими использовалась конструкция бурового снаряда с механическим вооружением лопастного типа [1]. В отличие от американского варианта, контакт снаряда с забоем скважины осуществлялся за счет опорного башмака 2, однако, при этом сохранялась необходимость во вращении и осевой

нагрузке на долото (рис. 2). В ходе исследований были выявлены основные аналитические зависимости, характеризующие процесс разрушения горных пород ударами шаров, разработана методика расчета процессов шароструйного бурения, проведены лабораторные и полевые испытания, рассчитана экономическая эффективность данного способа. Установлено, что в оптимальном режиме работы шароструйно-эжекторных буровых снарядов механическая скорость бурения возрастает с увеличением твердости горных пород и может быть равной 20 м/ч в твердых и крепких породах. Причем большой износ снаряда можно исключить за счет создания оптимальной скорости вылета шаров, при которой исключаются их отскоки от забоя скважины [4].

В дальнейшем разработанный Уваковым А.Б. шароструйный снаряд подвергался неоднократным усовершенствованиям. Так, в 1995 г. казахским ученым Заурбековым С.А. были определены рациональные параметры процессов разрушения при шароструйном бурении, на основании чего была разработана новая конструкция снаряда ШСМ-216 с соплом и камерой смешения кольцевой формы (рис. 3). Периферийная часть забоя разрушалась шароструйным способом, центральная – вращательным при помощи опоры с твердосплавными зубьями. Такая конструкция обеспечивала поддержание оптимального расстояния между долотом и забоем в процессе бурения, позволяла снять ограничения на максимальный расход промывочной жидкости, а также направлять шары во впускные окна. К недостаткам можно было отнести необходимость во вращении снаряда и осевой нагрузке, быстрый износ опоры, сложность управления процессом бурения при комбинированном разрушении забоя. Тем не менее, промышленные испытания снаряда показали превышение механической скорости на 20% и проходки на долото на 43% по сравнению с серийными долотами [2].

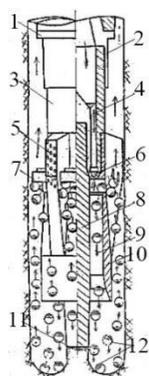


Рисунок 3. Шароструйно-эжекторный буровой снаряд с соплом и камерой смешения кольцевой формы (по С.А. Заурбекову):

- 1 – калибратор; 2 – переводник;
- 3 – присоединительная головка;
- 4 – подводящие жидкость каналы;
- 5 – калибрующе-центрирующие ребра;
- 6 – кольцевое сопло;
- 7 – задерживающее устройство;
- 8 – опора снаряда; 9 – кольцевая камера смешения; 10 – корпус снаряда;
- 11 – твердосплавные зубья; 12 – шары

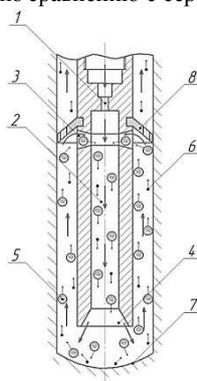


Рисунок 4. Шароструйно-эжекторный буровой снаряд и принцип его работы:

- 1 – сопло; 2 – камера смешения;
- 3 – технологические окна;
- 4 – диффузор;
- 5 – шары; 6 – частицы шлама;
- 7 – разрушаемая порода;
- 8 – задерживающее устройство.

С 2012 г. исследования данного способа проводятся на кафедре бурения скважин Томского политехнического университета. В ходе них было доказано, что оптимальной является конструкция ШЭБС с соплом, камерой смешения цилиндрической формы и коническим диффузором с их последовательным осевым расположением (рис. 4). Принцип действия снаряда следующий: рабочая жидкость, подводимая к аппарату, ускоряется в сопле 1 и на выходе из него истекает с большой скоростью в камеру смешения 2. При этом в пространстве, окружающем выход сопла 1 с внешней стороны, образуется зона разрежения. В корпусе снаряда выполнены технологические окна 3, через которые благодаря разрежению происходит всасывание рабочей жидкости со взвешенными шарами 5 и частицами шлама 6 из затрубного пространства. Далее двухфазная смесь проходит через камеру смешения 2, поступает в диффузор 4 и ударяется о породу 7, осуществляя разрушение. Далее шары 5 поднимаются в затрубном пространстве, отражаются от задерживающего устройства 8 и через технологические окна 3 направляются в камеру смешения 2. Затем цикл повторяется.

На основе теоретических и экспериментальных исследований были получены следующие результаты:

- выявлены зависимости влияния технологических параметров режима и геометрических параметров бурового снаряда на эффективность шароструйного бурения;
- впервые выполнена высокоскоростная (3600 кадров в секунду) съемка для исследования быстротекающих процессов шароструйного бурения, позволившая разработать физическую модель;
- разработана методика расчета технологических процессов шароструйного бурения в различных геолого-технических условиях.

В целях дальнейшего повышения эффективности шароструйного бурения и внедрения его в практику буровых работ необходимо продолжить исследовательские и опытно-конструкторские работы в следующих направлениях [3]:

- детальное изучение энергетического вопроса с целью установления КПД шароструйного бурения;
- исследование влияния различных типов промывочных жидкостей на эффективность бурения;
- разработка математической модели процессов шароструйного бурения скважин, позволяющую рассчитывать ожидаемую механическую скорость бурения в различных геолого-технических условиях;
- разработка мероприятия по повышению износостойкости снаряда;
- разработка и испытание способов контроля процессов шароструйного бурения скважин;

– разработка конструкции улавливающе-подпитывающего устройства, позволяющего заменять изношенные шары новыми, доставлять шары на забой и поднимать их из скважины вместе с буровым снарядом, для снижения затрат времени на спуско-подъемные операции;

– выполнение исследований и опытно-конструкторских работ по решению проблемы наклонно-направленного бурения скважин с помощью шароструйно-эжекторного бурового снаряда.

Литература

1. А.с. № 417599 СССР, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / А.Б. Уваков, В.В. Штрассер – № 1451266; заявлено 15.06.1970; опубл. 28.02.1974; бюл. №8.
2. Заурбеков С.А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / С. А. Заурбеков; Казахский национальный тех. Унив. – Алматы, 1995. – 18 с.
3. Ковалев А. В. Теоретические и экспериментальные исследования технологических процессов шароструйного бурения скважин: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / А. В. Ковалев; Томск. политех.Унив. – Томск, 2015. – 143 с. : илл. – библиогр.: с. 130-141.
4. Уваков А. Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.
5. Eckel I. E., Deily F. H., Ledgerwood L. W. Development and testing of jet pump pellet impact drill bits // Transaction AIME. – Dallas, 1956. – Vol. 207. – p. 15.

ПРОТЕКТОР БУРОВОГО ДОЛОТА

А. В. Дыдынский, В. А. Пономаренко

Научный руководитель, доцент И. И. Андрианов

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

В процессе углубления скважины из-под промежуточной обсадной колонны происходит ее нарушение боковым твердосплавным вооружением одношарошечных или фрезерных долот. Этот процесс приурочен либо к зонам искривления ствола скважины, либо к интервалам стыковки обсадных труб в соединительных муфтах. В некоторых случаях длина повреждения внутренней поверхности труб может достигать несколько сотен метров, что приводит к их разрушению внутренним или наружным давлением. Для предотвращения возможных аварий предложена конструкция защитного протектора, исключаящая контакт долота с обсадными трубами.

Для защиты обсадных труб от порезов вооружением буровых долот созданы универсальные двухслойные оболочки, наносимые на боковые поверхности. [1, 2, 3] Материалом оболочки служат клеящие, антифрикционные и пластифицируемые вещества, твердость которых ниже твердости стали обсадных труб и твердого сплава резцов. Наружный слой оболочки обладает большей твердостью, чем внутренний, что обеспечивает быстрое разрушение внутреннего слоя.

Нами предложено [4] для повышения надежности защиты калибрующих резцов долот, а также ускорения процесса разрушения материала протектора изготавливать его из резины с твердостью 65-70 единиц по ТМ-2.

