

АНАЛИЗ РАЗДВИЖНЫХ ЦЕНТРАТОРОВ

М.С. Власов

Научный руководитель - доцент А.В. Ковалев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Центратор – элемент технологической оснастки обсадной колонны, основное назначение которого ее центрирование в стволе скважины.

На основе проведенного патентного анализа существующих центраторов обсадных колонн автором предложена их классификация (рис. 1).



Рис. 1 Классификация центраторов обсадных колонн

Каждая из групп центраторов имеет свои достоинства и недостатки. Например, жесткие центраторы обеспечивают лучшее центрирование обсадной колонны и позволяют производить спуск обсадной колонны с вращением. Однако их наличие в оснастке обсадной колонны увеличивает ее жесткость и силы трения о стенки скважины, что усложняет спуск обсадной колонны.

Упругие центраторы позволяют легче спускать обсадную колонну и имеют малую металлоемкость. Однако они не обеспечивают качественного центрирования обсадной колонны в стволе скважины, особенно в горизонтальных участках. Также следует отметить, что возможен слом центраторов в процессе спуска.

Роликовые центраторы уменьшают силы трения в процессе спуска обсадной колонны. Однако наличие в их конструкции подшипников и роликов существенно уменьшает прочность и надежность конструкции.

Особый интерес вызывают раздвижные центраторы обсадных колонн. Их основное достоинство заключается в малом диаметре в транспортном положении, не превышающем диаметр муфты обсадной колонны, что позволяет:

- производить спуск обсадной колонны с меньшими силами трения;
- проводить более качественную промывку скважины перед цементированием скважины, что повысит качество вытеснения бурового раствора;
- снижать репрессию на пласт при проведении промежуточных промывок в процессе спуска обсадной колонны, что сокращает риски возникновения поглощений.

Гидравлические. В общем случае центраторы данной группы состоят из следующих конструктивных элементов:

- корпус центратора;
- ниппельная и муфтовая часть для соединения с обсадной колонной;
- срезные элементы, необходимые для предотвращения преждевременной активации центрирующих элементов;
- выдвигающиеся центрирующие элементы.

В процессе спуска гидравлические центраторы находятся в транспортном положении и их диаметр не превышает номинального диаметра обсадной колонны, их активация производится, как правило в процессе цементирования скважины, путем разрушения срезных и выдвижения центрирующих элементов за счет гидравлической энергии жидкости.

Авторами [1-8] предложены ряд конструкций раздвижных центраторов для обсадных колонн, активируемых гидравлическим способом.

Активация центратора, представленного на рисунке 2, производится в процессе продавки тампонажного раствора. При прохождении продавочной пробки через срезные пробки 3 центратора происходит их разрушение и дальнейший переток продавочной жидкости через радиальные каналы 2 в рабочий цилиндр 6. Под действием гидродинамического давления продавочной жидкости происходит осевое движение поршня 7 и дальнейшая передача движения на дополнительные центрирующие элементы 9. Которые в свою очередь через шарнир 10 передают создаваемое усилие на основные центрирующие элементы 8. За счет выдвижения основных 8 и дополнительных 9 центрирующих элементов в радиальном направлении происходит центрирование обсадной колонны [1].

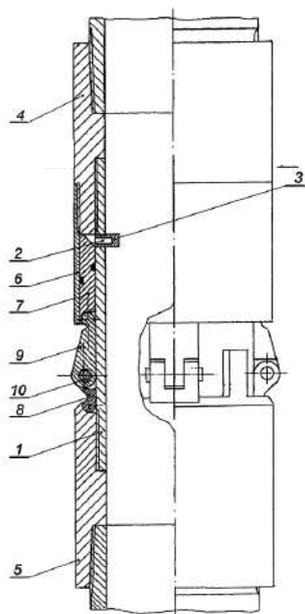


Рис. 2 Центратор гидравлический [1]: 1 – корпус; 2 – сквозные радиальные каналы; 3 – разрушаемые пробки; 4, 5 – муфты; 6 – рабочий цилиндр; 7 – поршень; 8, 9 – основные и дополнительные центрирующие элементы; 10 – шарнирные соединения

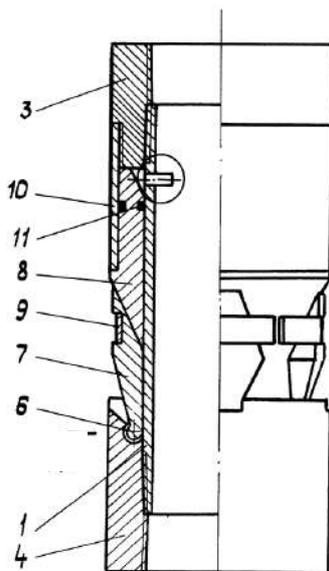


Рис. 3 Центратор гидравлический [2]: 1 – обсадная труба; 2 – отверстия; 3, 4 – муфты; 5 – кольцевая канавка; 6 – оси; 7 – рычаги; 8 – рабочий поршень; 9 – разрезное пружинное кольцо; 10 – цилиндр; 11 – резиновые кольца

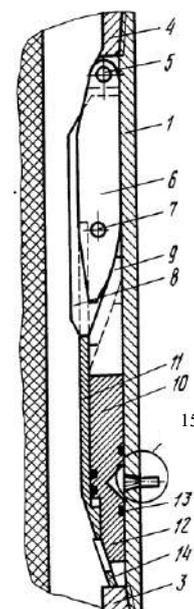


Рис. 4 Центратор гидравлический [3]: 1 – обсадная труба; 2 – отверстия; 3, 4 – муфты; 5 – пальцы; 6 – пары рычагов; 7 – оси; 8 – центрирующий башмак; 9 – клинья; 10 – поршень; 11 – цилиндры; 12 – замковый поршень; 13 – резиновые кольца; 14 – замковые кольца; 15 – срезная пробка

Активация центратора, представленного на рисунке 3, производится аналогично. После срезания пробки 12 на центраторе, под действием избыточного давления рабочий поршень 8 перемещается вниз. После преодоления упругости разрезного пружинного кольца 9 рычаги 7 раздвигаются за счет воздействия конической поверхности поршня 8 на концы рычагов 7 и центрируют обсадную колонну относительно оси скважины [2].

Активация центратора (рис. 4) производится в процессе продавки тампонажного раствора. При прохождении продавочной пробки через срезные пробки 15 происходит их разрушение, продавочной жидкости перетекает в полость цилиндра 11 через радиальные отверстия. Избыточное давление продавочной жидкости воздействует на поршень 12, который в свою очередь воздействует на замковое кольцо 14, что приводит к его расширению и попаданию на конический конец цилиндра 11. Перемещаясь замковый поршень 12 зацепляется за уступ цилиндра 11, который в свою очередь освобождает конец башмака 8 и осей 7. Замковый поршень останавливает свое движение при достижении торца муфты. При увеличении давления начинает движение поршень 10, который в свою очередь сдвигает клинья 9 и рычаг 6. Конец рычага 6 упирается в стенку скважины и происходит центрирование обсадной колонны [3].

Достоинством данной группы центраторов является наличие защиты от преждевременной их активации.

При этом они обладают следующими недостатками:

- сложность конструкции;
- малая длина хода центрирующих элементов, что может привести к некачественному центрированию обсадной колонны при высокой кавернозности ствола скважины, особенно в интервалах с высокой кавернозностью ствола скважины;
- отсутствует фиксация центрирующих элементов в рабочем положении, что может привести к возврату центрирующих элементов в транспортное положение.

Проблема отсутствия фиксации центрирующих элементов в рабочем положении решена в нижеследующих конструкциях.

Активация центратора, представленного на рисунке 5, происходит в конце продавки тампонажного раствора после получения момента «Стоп», при этом за счет возрастающего избыточного давления происходит срезание штифта 19, сжатие центрирующих элементов в поперечном и расширение в радиальном направлении.

Фиксация центрирующих элементов в рабочем положении осуществляется благодаря взаимодействием выступов 24 с канавками 23 [4].

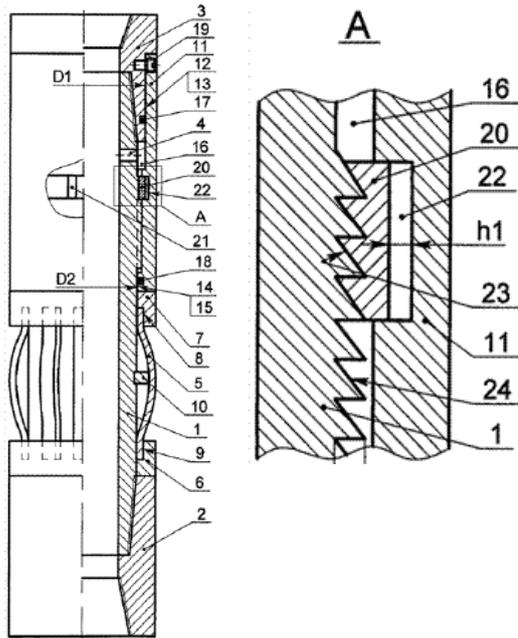


Рис. 5 Центратор гидромеханический [4]:
 1 – корпус; 2, 3 – нижний и верхний переводники;
 4 – радиальный канал; 5 – центрирующие элементы;
 6, 7 – нижняя и верхняя втулки;
 8, 9 – пазы; 10 – кольцо; 11 – дифференциальная втулка; 12, 14 – верхняя и нижняя расточки;
 13, 15 – проточки; 16 – полость;
 17, 18 – уплотнительные кольца; 19 – срезной штифт; 20 – упругодеформируемое кольцо;
 21 – разрез; 22 – канавка; 23 – кольцевые канавки; 24 – выступ; А – узел фиксации центрирующих элементов в рабочем положении

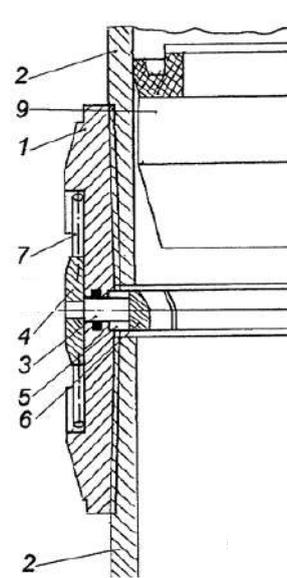


Рис. 6 Центратор гидравлический [5]:
 1 – корпус; 2 – обсадные трубы; 3 – шток;
 4 – опора; 5 – кольцевая канавка; 6 – сектора;
 7 – упругие стержни; 8 – фигурные вкладки;
 9 – распорный конус

Активация центратора (рис. 6) производится в процессе продавки тампонажного раствора, при прохождении цементировочной пробки через кольцевые сектора 6. Следует отметить, что цементировочная пробка имеет нестандартную конструкцию и оборудуется распорным конусом 9 для лучшего воздействия на кольцевые сектора 6 и их дальнейшего раздвижения в радиальном направлении.

При движении кольцевых секторов 6 их перемещение через штока 3 передается опорам 4, заставляя последние выдвинуться в сторону стенок скважины. При этом происходит фиксация центрирующего элемента за счет соскакивания упругих стержней 7. Выдвижение центрирующих элементов приводит к центрированию обсадной колонны [5]. Недостатком данной конструкции является то, что фиксация производится не в максимальном положении центрирующего элемента, что может привести к некачественному центрированию обсадной колонны.

Активация центратора, схема которого представлена на рисунке 7, производится в процессе цементирования обсадной колонны. Под действием избыточного давления в обсадной колонне открывается обратный клапан 8, и происходит заполнение через канал 7 внутренней полости 6 эластичного центрирующего элемента 4. При этом происходит увеличение эластичного центрирующего элемента в размерах и центрирование обсадной колонны. Эластичные центрирующие элементы расположены спирально, что добавляет эффект турбулизации потока жидкости и улучшает замещение промывочной жидкости цементным раствором [6].

Активация центратора (рис. 8) производится в конце продавки тампонажного раствора в момент «Стоп». В этот момент в обсадной колонне создается избыточное давление, под действием которого открывается обратный клапан 5, продавочная жидкость перетекает во внутрь корпуса 2 и выправляет гофрированную трубу 4. Фиксация гофрированной трубы в раскрытом положении обеспечивается обратным клапаном, что позволяет надежно отцентрировать обсадную колонну [7].

Центратор, представленный на рисунке 9, работает следующим образом. При закачке в обсадную колонну цементного раствора создается перепад давления между трубным и затрубным пространством. Каждый фиксирующий элемент 10 настроен на определенный перепад давления, при котором происходит срезание фиксирующих элементов, что вынуждает центрирующий элемент 4 выдвигаться из корпуса 2 и центрировать обсадную колонну в стволе скважины. Фиксация центрирующих элементов происходит при попадании конусообразного выступа 8 в кольцевую проточку 9 [8].

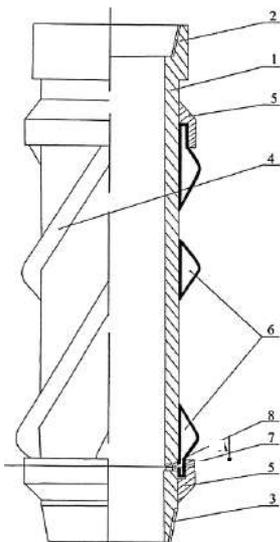


Рис. 7 Центратор гидравлический [6]:
 1 – корпус; 2 – муфта;
 3 – ниппель;
 4 – центрирующие
 элементы; 5 – кольца;
 6 – внутренняя полость; 7
 – канал; 8 – обратный
 клапан

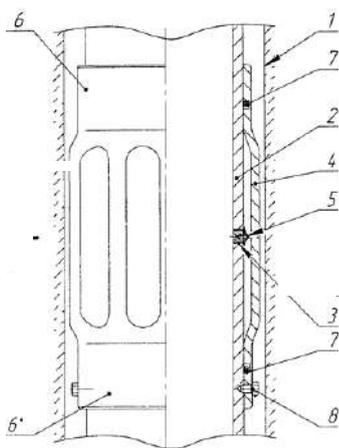


Рис. 8 Центратор гидравлический [7]: 1 – ствол скважины; 2 – корпус; 3 – радиальные каналы; 4 – центрирующие элементы; 5 – средство перевода центрирующих элементов в рабочее положение; 6 – гофрированные трубы с кольцевыми зауженными каналами; 7 – самоуплотняющиеся манжеты; 8 – винты

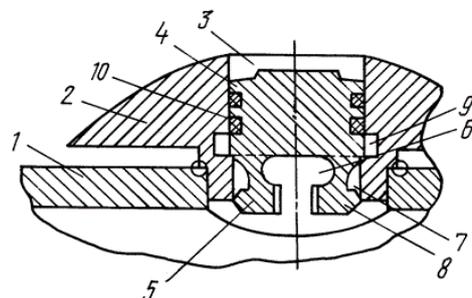


Рис. 9 Центратор гидравлический [8]:
 1 – обсадная труба; 2 – корпус;
 3 – цилиндрический канал;
 4 – центрирующий орган;
 5 – сегментообразные элементы;
 6 – овальная полость;
 7 – кольцевая выемка;
 8 – конусообразный выступ; 9 – кольцевая
 проточка; 10 – фиксирующие элементы

Набухающие. В общем случае центраторы данной группы состоят из следующих конструктивных элементов:

- корпус, который соединяется с обсадной колонной ниппельной и муфтовой частями, либо стопорным кольцом с соединительными винтами;
- эластичные или металлические центрирующие пластины;
- набухающий материал.

В процессе спуска набухающие центраторы находятся в транспортном положении, их активация производится, как правило, в процессе промывки при их взаимодействии с буровым раствором. Авторами [9-11] предложен ряд конструкций, набухающих центраторов.

При спуске обсадной колонны центратор, схема которого представлена на рисунке 10, находится в транспортном положении, закреплен стопорным кольцом 3. Защита полых элементов 4 от трения со стенками скважины осуществляется при помощи металлических пластин 2. В процессе промывки промывочная жидкость проникает через полупроницаемые грани элементов 4, что приводит к набуханию полимера, под действием давления его расширения происходит раздвижение пластин 4 и центрирование обсадной колонны [9].

Активация центратора (рис. 11) производится в процессе промывки скважины перед цементированием обсадной колонны. Промывочная жидкость попадает в полости 6 через отверстия 3 и взаимодействует с водонабухающим полимером 7, который растет в объеме и давит на кольца 2. Перемещение колец 2 приводит к сжатию пластин 1, вследствие чего они прижимаются к стенке скважины и центрируют обсадную колонну [10].

Центратор, представленный на рисунке 12, работает следующим образом. При промывке скважины перед цементированием обсадной колонны промывочная жидкость взаимодействует с водонабухающим полимером 7, проникая через полупроницаемые грани во внутреннюю полость 6 центрирующего элемента 4. Расширяясь, набухающий полимер воздействует на эластичный центрирующий элемент, вследствие чего происходит центрирование обсадной колонны [11].

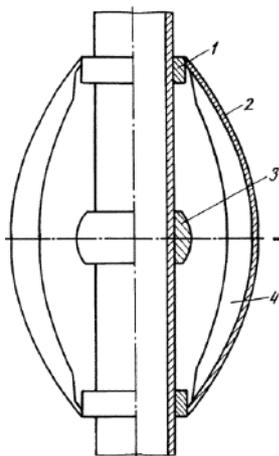


Рис. 10 Центратор набухающий [9]:
 1 – кольца;
 2 – металлические пластины;
 3 – стопорное кольцо;
 4 – полые элементы;
 5 – водонабухающий полимер

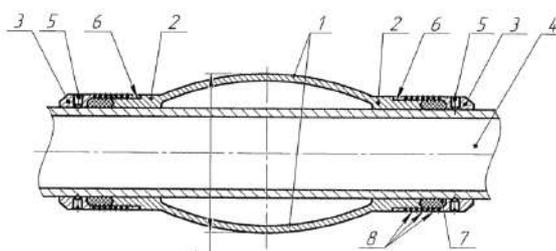


Рис. 11 Центратор набухающий [10]:
 1 – металлические пластины; 2 – кольца для размещения; 3 – стопорные кольца; 4 – обсадная колонна; 5 – стопорные винты; 6 – полости; 7 – водонабухающий полимер; 8 – отверстия

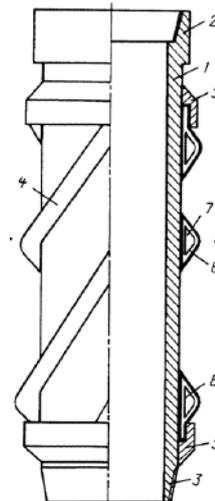


Рис. 12 Центратор набухающий [11]:
 1 – корпус; 2 – муфта; 3 – ниппель;
 4 – эластичный центрирующий элемент;
 5 – кольца;
 6 – внутренняя полость;
 7 – водонабухающий полимер

Группа набухающих центраторов имеет следующие достоинства присущие этой группе помимо рассмотренных общих достоинств раздвижных центраторов:

- простота изготовления;
 - имеется фиксация центрирующих элементов в рабочем положении.
- Несмотря на достоинства данная группа обладает следующими недостатками:
- отсутствие защиты от повреждения центрирующих элементов при контакте со стенками скважины в процессе спуска обсадной колонны;
 - сложность предотвращения преждевременного срабатывания центратора при спуске обсадной колонны;
 - высокая вероятность несрабатывания центратора ввиду малых сил, обеспечивающих центрирование.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать вывод о том, что раздвижные центраторы имеют ряд достоинств, которые делают их довольно перспективными. Упрощается спуск обсадной колонны, улучшается качество промывки перед цементированием. Однако сложность их конструкции и вытекающие из этого другие недостатки не дают этим центраторам найти благоприятную область применения в практике крепления скважин.

Литература

1. Патент RU 2282705 С1. Центратор обсадной колонны / Баранцевич С.С. (UA), Карасевич А.М (RU), Кейбал А.В. (RU), Ляпков Д.П. (RU), Сторонский Н.М. (RU) / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1546853929988 (дата обращения 15.03.2019).
2. Патент RU 2176719 С2. Центратор обсадной колонны / Мавлютов М.Р., Левинсон Л.М., Болезин Б.К., Степанов Р.В., Хамидуллин Ф.Х., Килин В.Г., Степанов Р.Р. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1552657402212 (дата обращения 15.03.2019).
3. Патент RU 2034128 С1. Центратор обсадной колонны / Левинсон Л.М., Гаррис О.В., Болезин Б.К. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1552658705153 (дата обращения 15.03.2019).
4. Патент RU 2432447 С1. Центратор гидромеханический / Витязев О.Л. (RU), Секисов А.В. (RU), Хайруллин Б. Ю. (RU), Хомутовский В.В. (RU). / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1546779649606 (дата обращения 15.03.2019).
5. Патент RU 2285109 С1. Центратор обсадной колонны / Карасевич А.М. (RU), Кейбал А.В. (RU), Сторонский Н. М. (RU), Баранцевич С.В. (UA), Кейбал А.А. (RU) / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1546854488550 (дата обращения 15.03.2019).
6. Патент RU 2405101 С1. Центратор обсадной колонны / Каримов И.Н. (RU), Агзамов Ф.А. (RU). Электронный ресурс: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1546856812113 (дата обращения 15.03.2019).
7. Патент RU 2387792 С2. Центратор обсадной колонны / Фаткуллин Р.Х. (RU), Хамитьянов Н.Х. (RU), Абдрахманов Г.С. (RU), Ахмадишин Ф.Ф. (RU), Кишин А.В. (RU), Оснос В.Б. (RU). Электронный ресурс: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1552658116853 (дата обращения 15.03.2019).
8. Патент RU 2209291 С1. Центратор обсадной колонны / Рамазанов Г.С., Гилязов Р.М., Янтурин Р.А., Гилязов Р.Р., Хайруллин В.Ф., Алексеев Д.Л., Ханипов Р.В. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1552659803962 (дата обращения 15.03.2019).

9. Патент RU 2468181 С1. Центратор обсадной колонны / Агзамов Ф.А. (RU), Каримов И.Н. (RU), Тихонов М.А. (RU). / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1546855783046 (дата обращения 15.03.2019).
10. Патент RU 2640849 С1. Центратор обсадной колонны / Зарипов И.М. (RU), Исаков А.Р. (RU), Киршин А.В. (RU), Оснос В.Б. (RU) / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1552660678078 (дата обращения 15.03.2019).
11. Патент RU 2473777 С1. Центратор обсадной колонны с изменяемой геометрией / Агзамов Ф.А. (RU), Каримов И.Н. (RU), Тихонов М.А. (RU) / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1546856274585 (дата обращения 15.03.2019).

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРАКТИВНОГО АНАЛИЗА БУРЕНИЯ, КАК ЧАСТИ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ РУДНИК»

Д.Р. Вяльшин, А.А. Рябова

Научный руководитель - профессор В.В. Нескоромных
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

При проходке горной выработки с целью выемки рудной массы важно иметь информацию о наличии в забое полезного ископаемого, содержание полезного ископаемого, объём пустой породы. Данная информация может использоваться для оптимизации потоков рудной массы в направлении переработки и отвала.

С этой целью предлагается осуществлять дистанционно оценку параметра свойств горной породы, с помощью которой идентифицировать тип горной породы и определять содержание полезного компонента в рудной массе.

В качестве параметра свойств горной породы предлагается использовать упругость, как параметр, связанный с твердостью и определяющий величину упругой реакции породы на силовое воздействие. Силовое воздействие на породу определяется величиной ударного импульса.

В соответствии с исследованиями [1], кинетическая энергия работающего на разрушение горной породы долота U_d расходуется на энергию деформирования горной породы U_n и энергию деформирования буровой компоновки U_k :

$$U_d = U_n + U_k. \quad (1)$$

Деформирование бурильных труб и горной породы происходит под действием динамической осевой силы, которая вызвана процессом колебаний долота P_d при передаче ударного импульса.

Динамический процесс разрушения горной породы можно описать уравнениями кинетической энергии \mathcal{E}_k инструмента и потенциальной энергии Π_d деформирования породы. Не учитывая потерь части энергии \mathcal{E}_k на рассеивание при деформировании породы, можно записать

$$\mathcal{E}_k = \Pi_d = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{P\delta}{2}, \quad (2)$$

где m – масса ударного инструмента, кг;

v_0 – скорость в момент соударения инструмента с породой, м/с;

P – усилие взаимодействия инструмента с породой, Н;

δ – деформация породы, м.

Из уравнения (1) в общем виде можно определить усилие P , вызывающее деформирование породы и элементов колонны, передающих ударный импульс к забою скважины:

$$P = \frac{mv_0^2}{\delta}. \quad (3)$$

В процессе ударного импульса по забою буримой скважины происходит упругая Δ_{yn} и пластическая деформации горной породы Δ_{nn} и упругая деформация бурильных труб Δl_T .

Таким образом, деформация δ включает деформацию породы Δ_n и деформацию труб Δl_T .

Деформация в бурильных трубах может определяться из формулы:

$$\Delta l_T = \frac{Pl}{EF}, \quad (4)$$

где P – сила удара, Н; l – длина трубы постоянного сечения, площадью F , м; E – модуль упругости стали, Па.

Используя выражения (3) и (4) можно записать:

$$\Delta l_T = \frac{mv_0^2 l}{EF(\Delta_{yn} + \Delta_{nn} + \Delta l_T)}.$$

Решение данного уравнения позволяет перейти к квадратному уравнению:

$$\Delta l_T^2 + \Delta l_T(\Delta_{yn} + \Delta_{nn}) - \frac{mv_0^2 l}{EF} = 0.$$

Решение данного уравнения позволяет получить значение деформации в бурильной трубе:

$$\Delta l_T = 0,5(\delta \pm \sqrt{\delta^2 + 4 \frac{mv_0^2 l}{EF}}),$$

где $\delta = (\Delta_{yn} + \Delta_{nn})$.