

ОПЫТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ И ОБСАДКЕ СКВАЖИН ТРУБАМИ С ПОМОЩЬЮ ВИБРАТОРОВ В РАЗВЕДОЧНОМ БУРЕНИИ

П. Ф. ПАЛЪЯНОВ

В разведочном бурении аварии в скважинах по своему характеру и сложности являются чрезвычайно разнообразными. При колонковом бурении аварии, связанные с прихватом бурового инструмента на забое скважины, можно разделить на 3 основные группы:

1) при бурении твердыми сплавами или алмазами часто происходит прихват снаряда осевшим шламом в кольцевом зазоре между стенками колонковой трубы и стенками скважины, а также завал снаряда вывалившимися из стенок скважины кусками породы или зажим снаряда в слабоустойчивых пластах и т. д.;

2) при дробовом бурении происходит заклинка бурового снаряда дробью и дробовым шламом;

3) прижог коронки.

Ликвидация аварий, связанных с прихватом бурового инструмента на забое, производится в настоящее время в основном одним из следующих способов или же последовательно чередующимися один за другим:

1) выбивание инструмента с помощью ударной бабы;

2) вытягивание прихваченного снаряда с помощью домкрата или талевой системы и лебедки бурового станка;

3) если предыдущие способы ликвидации аварии не дали положительных результатов, то приступают к развертыванию штанговой колонны набором левого ловильного инструмента и извлечению его на поверхность по частям;

4) если и последняя мера оказалась безуспешной, то в скважину спускают отклоняющий клин, производят искривление скважины в сторону и продолжают бурение.

Иногда все эти методы ликвидации аварий оказываются безрезультатными, и скважину, часто пробуренную уже на значительную глубину, приходится закрывать и начинать бурение новой.

Статистические данные показывают, что 10—12% всего времени [1], затрачиваемого на бурение скважин, а в некоторых буровых партиях это время доходит до 30—40%, расходуется на ликвидацию аварий и неполадок в скважинах.

Работы по ликвидации аварий в буровых скважинах носят обычно затяжной характер, и на эти работы, как правило, затрачиваются большие средства. Затяжные работы по ликвидации аварий приводят к преждевременному износу оборудования, а нередко и совершенно выводят из строя буровое оборудование и инструмент. К тому же сам процесс ликвидации аварий совершенно не механизирован и ведется старыми, установившимися еще с давних времен способами. Основной силой при этом является мускульная энергия человека, труд же рабочих является исключительно тяжелым и малопродуктивным. Затяжной характер процесса ликвидации аварий существующими способами можно показать на следующем примере.

В геолого-разведочной партии при дробовом бурении по породам X категории станком КА-2М-300 произошел прихват снаряда в конце смены при заклинке керна на глубине 53 м. Керн сорвать не удалось, и поэтому с течением времени снаряд был дополнительно прихвачен осевшим шламом между стенками колонковой трубы и стенками скважины. Диаметр скважины 110 мм.

Ликвидация аварии производилась в следующей последовательности. При попытке сорвать керн были оборваны штанги и только через 2,5 часа был спущен колокол и накручен на оставленные в скважине штанги. При выбивании снаряда ударной бабой колокол был сорван. Затем в скважину на штангах спустили метчик и, удачно вернув его в колонну, вновь приступили к выбиванию инструмента ударной бабой. Выбивание производилось на протяжении 2,5 рабочих смен, при этом одновременно работало 8 человек.

После безуспешной попытки выбить снаряд установили 40-тонный домкрат и приступили к вытягиванию инструмента, причем вновь были оборваны штанги. Затем опустили аварийную штанговую колонну с левой резьбой, левый ловильный инструмент и приступили к разворачиванию и извлечению по частям оставленной в скважине колонны. Переходник отвернуть не удалось и поэтому решили его расфрезеровать.

На все эти работы было затрачено 8 дней, т. е. 24 рабочих смены.

После расфрезерования и извлечения переходника скважину внутри аварийных труб пробурили снарядом диаметром 75 мм, ниже забоя на 1,5 м и приступили к резке колонковой и шламовой труб труборезами. Первую резку произвели неудачно — очень низко, поэтому, когда спустили метчик для труб диаметром 110 мм и вернули его, то вытянуть обрезанную часть все же не удалось, причем штанги вновь были оборваны около самого метчика. Спущенный и вернутый в колонковый снаряд метчик был изготовлен из стали, термически хорошо обработанной, поэтому поймать его ничем не удалось.

После целого ряда других безуспешных попыток ликвидировать аварию было решено скважину закрыть, перенести вышку рядом и начать бурение новой скважины.

На ликвидацию аварии было затрачено 17 дней, то есть 51 рабочая смена. Понесенные убытки по этой скважине составили 36612 руб. Сюда также следует добавить стоимость вышедшего из строя инструмента: 3 метчика, 1 колокол, 3 порванные штанги, сломанные жимки и потерянный 6-метровый колонковый снаряд в буровой скважине.

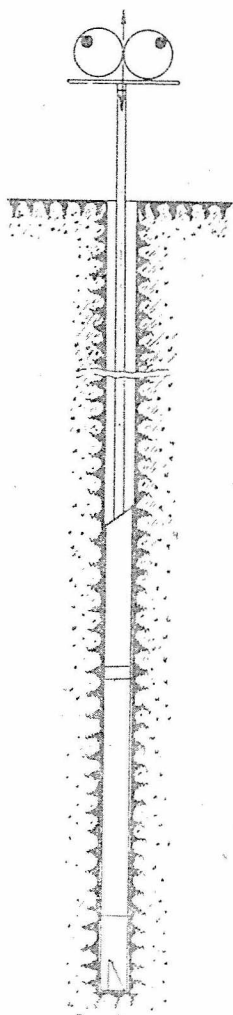
Таким образом, как показывает этот пример, существующие способы ликвидаций аварий в буровых скважинах являются малопродуктивными, дорогостоящими, причем процесс ликвидации аварий технически слабо оснащен, мало механизирован и целиком основан на использовании мускульной энергии человека.

Обсадка скважин трубами также является довольно трудоемким процессом, отнимающим много рабочего времени и сил у буровой бригады. Способы обсадки скважин можно разделить на два основных вида: 1) задавливание труб в скважину под действием статической нагрузки (дополнительным грузом, домкратами, давящими головками, анкерными болтами и др.) с проворачиванием труб или без проворачивания; 2) забивание труб с помощью ударной бабы, также иногда в комбинации с проворачиванием.

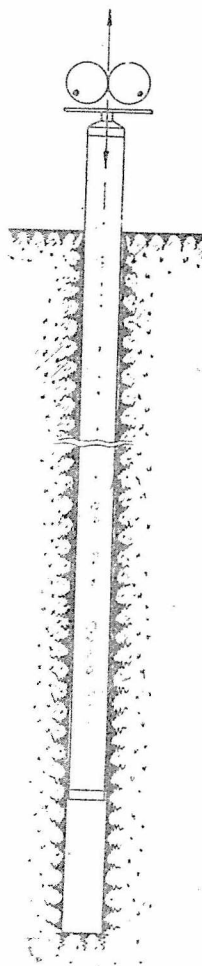
Существующие способы обсадки скважин трубами страдают в основном следующими недостатками: 1) процесс обсадки ведется старыми, давно устаревшими примитивными способами; 2) при обсадке скважин применяется преимущественно мускульная энергия человека, причем труд рабочего тяжел и малопродуктивен; 3) для обсадки скважин применяются довольно громоздкие приспособления, которые усложняют буровой процесс; 4) при

Обсадке скважин почти не используются двигатели, установленные на буровой вышке.

Отсюда следует, что работы по ликвидации аварий в буровых скважинах и по обсадке скважин трубами совершенно не соответствуют современному уровню техники. Здесь пока безраздельно господствует тяжелый ручной труд. Поэтому вопрос о внедрении современной механизации на этих трудоемких работах в разведочном бурении является весьма важным и первоочередным.



Фиг. 1. Установка вибратора на штанги при ликвидации аварии



Фиг. 2. Обсадка скважин трубами с помощью вибратора

Наши теоретические и экспериментальные исследования показали, что для ликвидации аварий в скважинах и для обсадки скважин трубами с большим успехом могут быть использованы вибрации, поскольку длинные стальные трубы являются упругой системой и по ним могут быть переданы колебания.

Процесс ликвидации аварий с помощью вибратора происходит следующим образом (фиг. 1). На верхний конец штанговой колонны устанавливается возбудитель колебаний—вибратор, который во время работы создает вер-

тикальные знакопеременные колебания во всей штанговой колонне. Эти колебания штанговой колонны заставляют колебаться—вибрировать и прихваченный на забое скважины колонковый снаряд. Если при этом начать вытягивать снаряд вверх, то вытягивающая сила, достаточная для освобождения снаряда от прихвата при вибрациях, будет во много раз меньшей, чем вытягивающая сила для освобождения снаряда без вибраций. Это обстоятельство объясняется тем, что трение между стенками скважины и колонковым снарядом при вибрациях уменьшается по сравнению с трением при вытягивании снаряда без вибраций.

Аналогичные явления наблюдаются и при обсадке скважин трубами с помощью вибратора (фиг. 2). Установленный через переходник на верхнем конце обсадных труб вибратор создает при своей работе колебания—вибрации во всей обсадной колонне. Вибрирующая труба будет опускаться в скважину при меньшем осевом давлении, так как между стенками труб и стенками скважины будет возникать гораздо меньшее трение, чем при опускании труб без вибраций. Поэтому при некоторых условиях для спуска труб в скважину под действием вибраций вес самой обсадной колонны будет вполне достаточным, чтобы осуществить обсадку скважины.

Кроме того, с помощью вибратора можно осуществить и бурение неглубоких скважин в мягких породах. В этом случае (работы проф. Д. Д. Баркан и др.) вибратор, вызывающий частые вертикальные колебания в трубе с продольным пазом по всей длине, заставляет трубы с меньшим осевым усилием погружаться в мягкий грунт. После погружения трубы выдергиваются и по извлеченным в трубах породам судят о напластовании грунта.

Работы проф. Д. Д. Баркан и др. в этой области показали, что десятиметровая скважина проходится за полчаса вместо 8—12 часов, которые затрачивались на проходку такой же скважины ручным способом. Производительность бурения при этом повышалась в 15—25 раз по сравнению с ручным бурением, соответственно и стоимость проходки скважины была в 3—6 раз ниже.

Вибраторы, применявшиеся для экспериментальных работ

Для постановки опытов по применению вибраторов для ликвидации аварий в буровых скважинах и для обсадки скважин трубами было изготовлено и испытано несколько типов вибраторов, различных как по габаритам и характеристикам, так и по принципиальным схемам их действия. Испытания вибраторов проводились как на буровых вышках кафедры разведочного дела института, так и непосредственно в полевых условиях, то есть в геолого-разведочных партиях.

Для создания гармонического возбуждения обычно используются центробежные силы неуравновешенных вращающихся масс (фиг. 3). Два одинаковых неуравновешенных груза, расположенных на одинаковом расстоянии от осей вращения, вращаются в противоположные стороны, с одинаковой угловой скоростью и с одинаковым фазовым углом. Центробежные силы, возникающие вследствие вращения неуравновешенных, эксцентрично расположенных грузов—дебалансов, по абсолютной величине равны между собой, но постоянно изменяют свое направление.

Горизонтальные составляющие S_1 и S_2 от центробежных сил всегда направлены в противоположные стороны и также будут равны между собой и при любом мгновенном положении дебалансов взаимно уравновешиваются. Вертикальные составляющие F_1 и F_2 направлены в одну и ту же сторону и создают возмущающее усилие вибратора.

Максимальное возмущающее усилие вибратора будет наблюдаться тогда, когда дебалансы находятся на вертикальной оси, то есть при 90 и 270°.

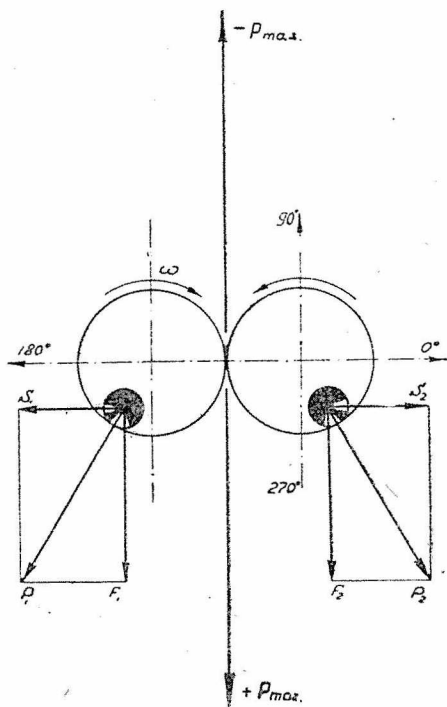
Его значение определяется по формуле

$$P_{\max} = P_1 + P_2 = 2 m r \omega^2,$$

или

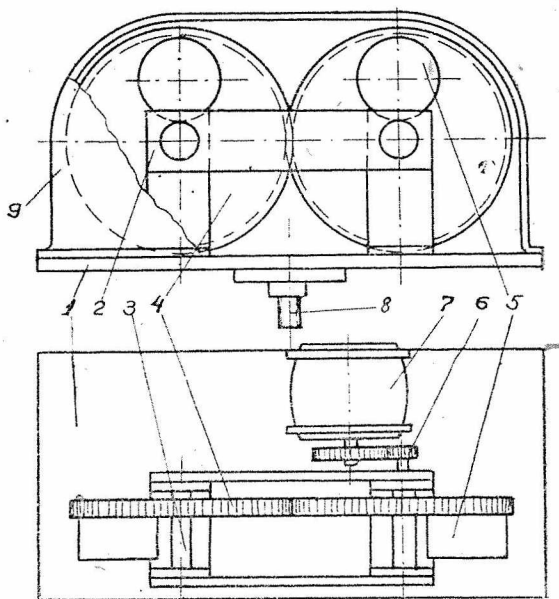
$$P_{\max} = 2.0,001118 G r n^2, \quad [2]$$

где m — масса одного груза,
 r — эксцентриситет в m ,
 ω — угловая скорость вращения дебалансов,
 G — вес одного дебаланса в $кг$,
 n — число об/мин дебалансов.



Фиг. 3.

Схема действия двухблочного вибратора



Фиг. 4. Двухблочный эксцентриковый вибратор

1—металлическая пластина. 2—рама. 3—вал. 4—шестерни вибратора. 5—эксцентрики. 6—шестерни привода. 7—электромотор. 8—односторонний шипель. 9—корпус—крышка

Максимальное возмущающее усилие вибратора равно нулю, когда дебалансы находятся на горизонтальной оси, то есть при 0 и 180°. Такой вибратор принято называть вибратором направленного действия.

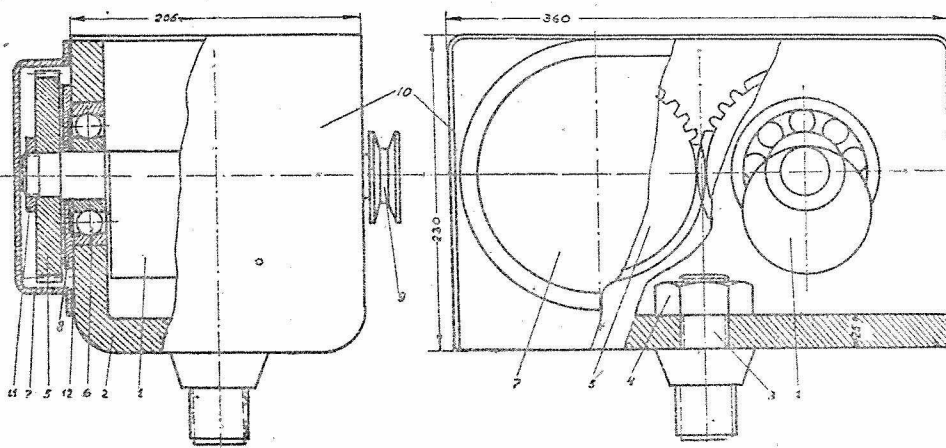
По этой схеме был осуществлен и изготовлен первый опытный вибратор (фиг. 4). На две одинаковые шестерни были установлены дебалансы, весом 1 кг каждый на расстоянии от осей вращения шестерен $r = 52$ мм. Шестерни между собой находятся в зацеплении, что обеспечивает вращение дебалансов с одинаковой угловой скоростью и с одинаковым фазовым углом, но в противоположные стороны.

Для привода вибратора был установлен небольшой электромотор мощностью 0,3 квт. Вращение от мотора на вал вибратора передавалось через пару зубчатых колес. При 3500 об/мин шестерен вибратора последний развивал максимальное возмущающее усилие, равное 1370 кг.

Данный вибратор нашел широкое применение для ликвидации аварий и обсадки скважин трубами на буровых вышках кафедры, где скважины преимущественно имеют небольшие глубины. Основным его недостатком является то, что максимальное возмущающее усилие, развиваемое вибратором, является далеко не достаточным для ликвидации аварий в более глубоких скважинах, поэтому при конструировании следующих вибраторов этот недостаток был учтен.

Вибратор ВП—7 (фиг. 5), так же как и предыдущий, осуществлен по схеме эксцентрикового возбудителя колебаний направленного действия и создает синусоидальные знакопеременные колебания, направленные по вертикальной оси.

Расчетная величина максимального возмущающего усилия вибратора, равная 7 тоннам, принята исходя из прочности штанг на динамические нагрузки. Устройство вибратора таково.



Фиг. 5. Вибратор ВП-7

Все детали вибратора монтируются в корпусе 2, который отковывается из стали толщиной 25 мм. Корпус предназначен для преобразования центробежных сил вращающихся грузов в вертикальные знакопеременные усилия, поэтому он должен быть очень жестким с тем, чтобы переменные нагрузки не деформировали его. Односторонний ниппель 3, установленный в дне корпуса, воспринимает вертикальные колебания вибратора и передает их на буровые штанги, на которых установлен вибратор.

Два дебаланса 1 выполнены в виде эксцентриков. Принятая форма неуравновешенных грузов является наиболее простой при изготовлении и выполнении их доступно любой ремонтной мастерской геолого-разведочной партии. Валы дебалансов устанавливаются в корпусе вибратора на шарико-или роликоподшипниках № 407 или № 2407.

Один из валов имеет выступающий конец из корпуса вибратора, и на него устанавливается на шпонке приводной шкив 9. Диаметры дебалансов равны 90 мм, а отверстия в корпусе вибратора для подшипников имеют диаметр 100 мм, что позволяет вводить грузы в корпус вибратора при его монтаже через гнезда подшипников.

С противоположной стороны корпуса от шкива оба вала дебалансов имеют выступающие концы, на которых на шпонках установлены две одинаковые шестерни 5, образующие редуктор-синхронизатор.

Каждая шестерня крепится на валу с помощью контргайки 11 со стопорным кольцом. Шестерни имеют большую окружную скорость при вращении, поэтому для них предусмотрена масляная ванна, образованная между

штампованной крышкой 7 и корпусом вибратора. Для создания уплотнения крышки с корпусом между ними устанавливается прокладка 12 из промасленного картона. Болты, с помощью которых крышка редуктора-синхронизатора крепится к корпусу вибратора, тщательно шплинтуется проволокой, так как незашплинтованные болты под действием вибраций легко отвертываются.

Подшипники закрываются крышками 8, которые со стороны редуктора имеют сальниковое уплотнение для того, чтобы масло из редуктора по возможности меньше попадало внутрь корпуса вибратора. Крышки 8 одновременно служат и для регулировки подшипников.

Привод вибратора был осуществлен от электромотора переменного трехфазного тока мощностью 4,5 *квт*. Мотор был установлен сверху вибратора на крышке 10. Лапы мотора работают в напряженных условиях, поэтому под них подкладывались резиновые амортизаторы и, кроме того, сам мотор с помощью хомутов притягивался к крышке вибратора. Передача от электромотора на шкив вибратора осуществлялась с помощью клиновидного ремня марки В.

Характеристика вибратора ВП-7

Вес одного дебаланса	6,32 <i>кг</i>
Эксцентриситет	32,3 <i>мм</i>
Число оборотов	3600 об/мин
Максимальное возмущающее усилие	5850 <i>кг</i>
Мощность мотора	4,5 <i>квт</i>
Вес вибратора с мотором	150 <i>кг</i>

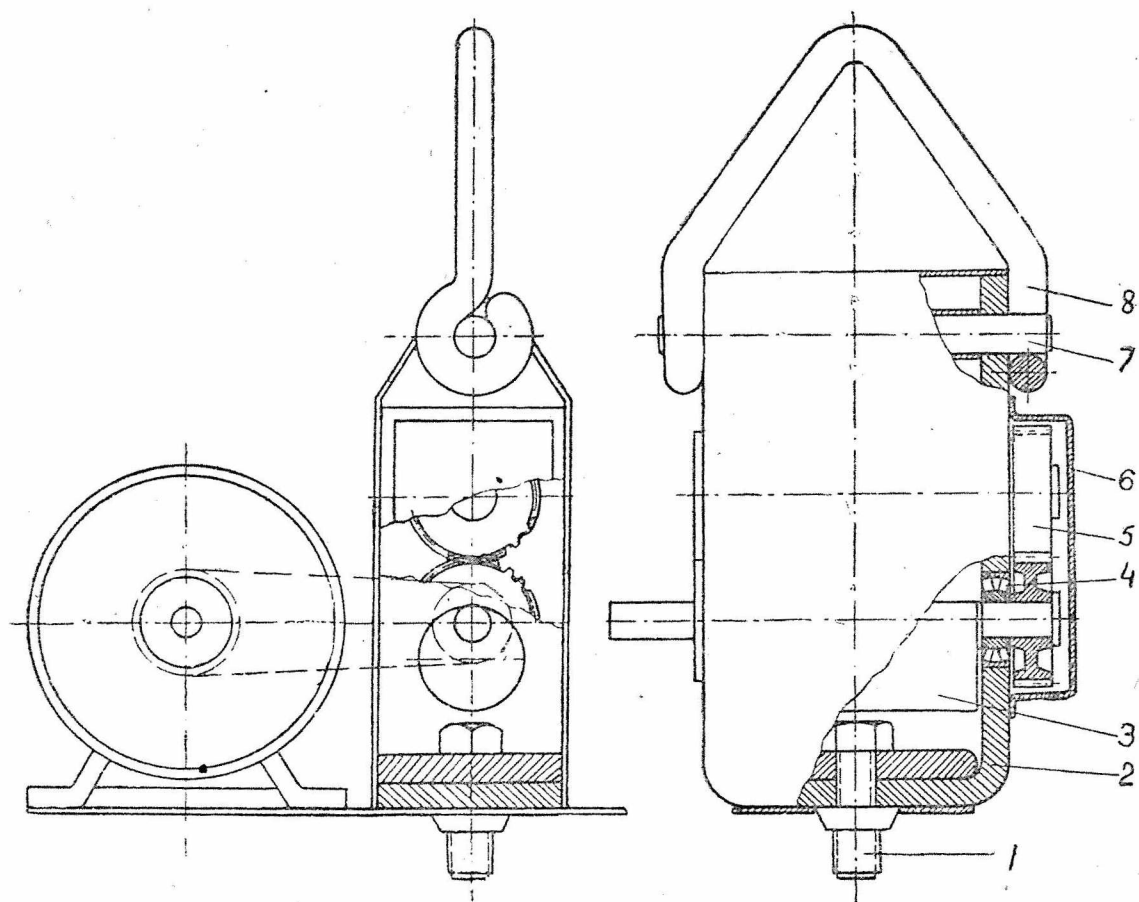
Данный вибратор был изготовлен в геолого-разведочной партии и прошел успешные испытания по ликвидации аварий в буровых скважинах при дробовом бурении.

Однако при испытании вибратора был выявлен ряд существенных недостатков в его конструкции. Шестерни вибратора оказались слишком слабыми и буквально через 30 минут работы вышли из строя, так как были изготовлены из стали марки Ст-3 и не были зацементированы. Шпонки, с помощью которых шестерни были соединены с валами, под действием вибраций также быстро разболтались и давали большой люфт. При запрессовке подшипников в корпус был допущен небольшой перекос, что приводило к быстрому нагреву одного из подшипников, быстрому выгоранию в подшипнике смазки и даже к сильному нагреву самого корпуса вибратора. Крепление ниппеля к корпусу вибратора также оказалось далеко не достаточным, поэтому односторонний ниппель пришлось приварить к дну корпуса. Большим недостатком вибратора явилась форма конструкции корпуса, который оказалось трудно изготовить. После устранения перечисленных недостатков вибратор ВП-7 нашел широкое применение на буровых работах в некоторых ГРП.

Вибратор ВП-1. Автором был сконструирован первый вариант вибратора, предназначенный для использования его в производственных условиях (фиг. 6). При конструировании этого вибратора были учтены все недостатки, выявленные при испытании предыдущих вибраторов.

Одним из важнейших преимуществ данного вибратора перед всеми другими является то, что благодаря вертикальному расположению валов (один вал над другим) вибратор создает в штанговой колонне двоякого рода колебания: вертикальные направленные и горизонтальные поперечные вибрации, что весьма важно для более эффективного освобождения прихваченного инструмента из скважины и для обсадки скважин трубами.

Кроме того, вертикальное расположение валов вибратора позволяет значительно уменьшить общие габариты и вес вибратора при всех прочих рав-



Фиг. 6

Вибратор ВП—1

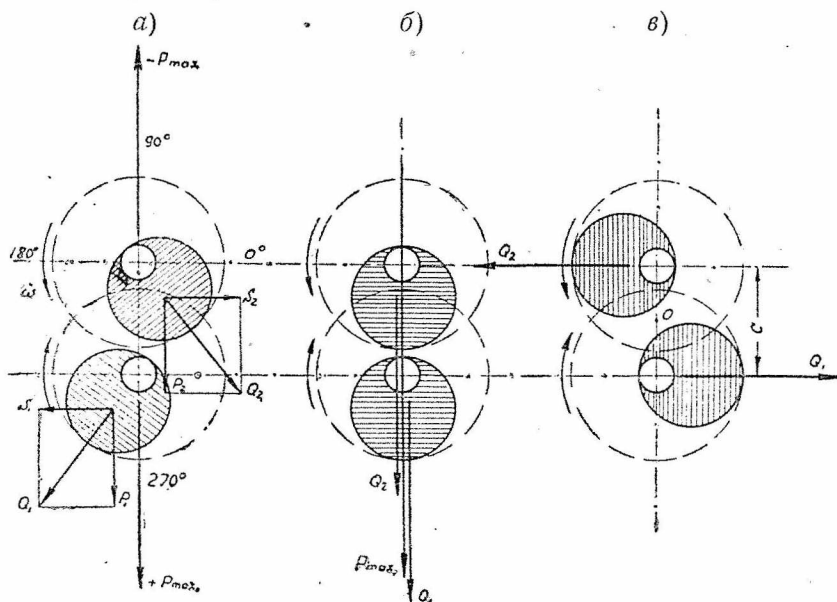
- 1 Ниппель
- 2 Корпус
- 3 Эццентрики
- 4 Роликоподшипники
- 5 Шестерни
- 6 Крышкашестерен
- 7 Щкворень
- 8 Серьга

ных условиях по сравнению с вибраторами с горизонтальным расположением обоих валов. Благодаря вертикальному расположению валов вибратора достигается значительное сокращение расстояния между осями валов, уменьшение диаметра шестерен редуктора-синхронизатора, что, в свою очередь, приводит к более благоприятным условиям работы шестерен и к компактному размещению узла редуктора-синхронизатора.

Подвеска электромоторов вибратора предусматривает меньшую их напряженность в работе, так как они устанавливаются на пружинящие кронштейны.

Для привода вибратора приняты два электромотора с одинаковыми характеристиками, причем моторы устанавливаются с обеих сторон вибратора для равновесия. Такая подвеска уменьшает вибрации самих моторов, и они будут работать более долговечно.

Вибраторы, применяемые для забивки шпунтов, имеют моторы, которые крепятся обычно сверху, причем в большинстве случаев крепление производится жестко без каких бы то ни было амортизаторов, поэтому моторы при таком креплении работают исключительно в напряженных условиях и быстро выходят из строя.



Фиг. 7. Схема действия вибратора ВП-1

Вибратор ВП-1 осуществляется по схеме (фиг. 7) двухблочного механического возбудителя колебаний направленного действия с вертикальным расположением валов (один над другим) и при своей работе создает два вида колебаний в штанговой колонне, на которую он установлен:

а) вертикальные знакопеременные синусоидальные колебания за счет вертикальных составляющих центробежных сил вращающихся дебалансов и

б) поперечные колебания за счет момента пары сил от горизонтальных составляющих центробежных сил вращающихся дебалансов.

Два неуравновешенных, эксцентрично расположенных относительно осей вращения дебаланса вращаются в противоположные стороны с одинаковыми фазовым углом и угловой скоростью, что достигается при помощи двух одинаковых шестерен, которые находятся между собой в зацеплении и вращаются совместно с грузами. Массы дебалансов равны между собой, эксцентриситеты их также равны, поэтому центробежные силы, создаваемые вращающимися дебалансами, будут также равными.

Вертикальные составляющие от центробежных сил P_1 и P_2 при любом положении грузов будут направлены в одну и ту же сторону. Эти силы и будут создавать вертикальные колебания всего вибратора, причем когда дебалансы проходят в нижней части от горизонтальных осей (фиг. 7, схема а), результирующая их будет направлена вниз, а когда дебалансы будут находиться в верхней части, то результирующая направлена вверх. Величина возмущающей силы вибратора изменяется от нуля до плюс—минус максимума, равного сумме центробежных сил, то есть:

$$P_{\max} = Q_1 + Q_2 = 2Q.$$

Максимальное значение величины возмущающей силы вибратора (фиг. 7, схема б) соответствует положению центров тяжести по вертикальной оси, то есть при 90 и 270° .

Возмущающая сила вибратора будет равна нулю, когда центры тяжести дебалансов находятся на горизонтальной оси (фиг. 7, схема в). В этом случае центробежные силы от дебалансов будут направлены по горизонтальной оси и в противоположные стороны, а поэтому они взаимно уравниваются. Но пара сил Q_1 и Q_2 создает момент вокруг центра O , причем этот момент будет также переменным, а его максимальная величина определится:

$$M_{\max} = Q \cdot c,$$

где c — расстояние между осями дебалансов.

Благодаря наличию этого переменного момента вибратор создает в штанговой колонне поперечные колебания. Таким образом, вибратор ВП-1 создает в штанговой колонне, на которую он установлен, и вертикальные, и поперечные колебания.

Характеристика вибратора ВП-1

Вес одного дебаланса	14,1 кг
Эксцентриситет	40 мм
Диаметр начальной окружности шестерни	120 мм
Число оборотов	2300 об/мин
Максимальное возмущающее усилие	6500 кг
Число моторов	2,
Общая мощность моторов	8 квт
Габариты: длина	920 мм
высота	820 мм
ширина	450 мм
вес (приблизительный)	350 кг

В случае необходимости число оборотов вибратора может быть увеличено до 2800 об/мин, а максимальное возмущающее усилие возрастает соответственно до 10000 кг. Увеличение возмущающей силы вибратора необходимо производить тогда, когда приходится работать со штангами большого диаметра или с обсадными трубами. Но в этом случае соответственно должна быть увеличена и мощность электромоторов до 11—12 квт.

Вибратор ВП-1 был изготовлен в трех геолого-разведочных организациях и прошел испытания в производственных условиях. Испытания показали, что вибратор с успехом может применяться для ликвидации аварий в скважинах глубиной до 200 м при дробовом бурении. Конструктивное оформление собственно вибратора оказалось в принципе правильным, все детали вибратора выдержали свое испытание и работали хорошо.

Существенным недостатком данного вибратора явилось крепление электромоторов и несколько завышенный вес. При работе со штангами диаметром 42 мм под действием собственного веса вибратора штанги гнулись и мялись, в штангах диаметром 50 мм этого явления не наблюдалось.

Подвеска электромоторов к вибратору оказалась не вполне удовлетворительной. Дело в том, что электромотор, установленный на кронштейне из рессорной стали, явился сам по себе индивидуальной системой колебаний с одной степенью свободы. Число собственных колебаний такой системы можно подсчитать по формуле [3, стр. 123]:

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3 E \cdot I}{m \cdot a^3}},$$

здесь $E = 2,2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$ — модуль упругости,
 $I = 0,16 \text{ см}^4$ — момент инерции,
 $m = 0,1 \text{ кг. сек}^2/\text{см}$ — масса мотора,
 $a = 13 \text{ см}$ — плечо подвески мотора.

Подсчитанное по формуле число собственных колебаний мотора составляет 700 кол/мин. Вибратор должен работать при 2300 кол/мин. Поэтому в момент пуска, как только вибратор разовьет 700 кол/мин, электромоторы попадают в зону резонанса и начинают очень сильно трястись со значительной амплитудой, причем вся мощность расходуется на работу создания колебаний самих моторов, которые начинают очень сильно греться и не в состоянии дальше увеличивать число оборотов вибратора.

Для преодоления этой точки резонанса необходима мощность в 3—4 раза больше имеющейся. В данном случае точку резонанса приходилось преодолевать тем, что во время пуска вибратора электромоторы отжимались деревянными подушками от корпуса вибратора. После того как вибратор проходил эту резонансную точку, он начинал работать вполне равномерно — моторы прекращали трястись и при дальнейшей работе нагрева их не наблюдалось.

Очевидно, что при конструировании такой подвески моторов к вибратору необходимо жесткость пружинных кронштейнов подбирать так, чтобы собственное число колебаний электромотора находилось или выше рабочего числа колебаний вибратора, или же, наоборот, чтобы резонанс в работе наступил в самом начале разгона около 200 кол/мин. В последнем случае при пуске вибратора резонансная точка будет пройдена легко и вибратор будет работать и запуститься нормально.

Одноблочный эксцентриковый вибратор. Одновременно с испытаниями двухблочных вибраторов направленного действия проводились испытания и одноблочного эксцентрикового вибратора ненаправленного действия, специально предназначенного для спуска обсадных труб в скважину.

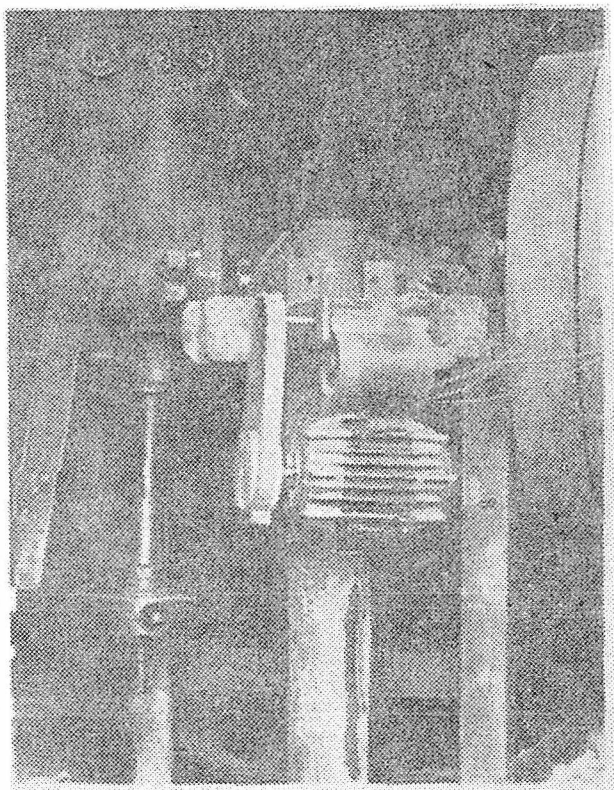
Одноблочный вибратор по сравнению с двухблочным является по конструкции и по выполнению исключительно простым. В нем нет шестерен, изготовление которых связано с известными трудностями для ремонтных мастерских геолого-разведочных партий. Работает же он, как показали испытания при обсадке скважин трубами, не хуже, чем двухблочные вибраторы.

Кроме того, одноблочный вибратор имеет еще одно существенное преимущество перед двухблочным. Последние при обсадке скважин устанавливаются на колонну обсадных труб сверху через переходник и перекрывают отверстие в обсадных трубах. Поэтому при необходимости спуска в скважину бурового инструмента для производства бурения вибратор приходится удалять.

Для того чтобы иметь возможность одновременно производить и обсадку труб с помощью вибратора, и разбуривание породы в скважине, необходимо, чтобы вибратор не перекрывал верхний конец обсадной колонны. Для этой цели на кафедре разведочного дела был изготовлен и опробован одноблочный эксцентриковый вибратор ненаправленного действия (фиг. 8).

Одноблочный вибратор устанавливается на обсадную колонну сбоку и в отличие от двухблочного вибратора, создающего только вертикальные

осевые колебания в трубах, позволяет получать колебания в обсадной колонне и вертикальные, и боковые—горизонтальные. Естественно, что возникающие в стенках обсадных труб горизонтальные колебания будут лучше способствовать уменьшению трения труб о породу, то есть будут способствовать более быстрой обсадке скважин трубами, чем при использовании только одних вертикальных колебаний.



Фиг. 8. Одноблочный эксцентриковый вибратор
в процессе работы

Одноблочный вибратор имеет один вращающийся на валу дебаланс, изготовленный из трубы с заглушками. Внутри трубы засыпается дробь. Привод вибратора осуществляется от небольшого электромотора.

Характеристика одноблочного вибратора

Число оборотов дебаланса	2130 об/мин
Возмущающее усилие	1900 кг
Эксцентриситет	60 мм
Вес дебаланса	6,3 кг
Мощность мотора	0,5 квт

Одноблочный вибратор был испытан на буровых скважинах кафедры и показал удовлетворительные результаты.

Опытные данные

Экспериментальные исследования по применению вибромеханизмов в разведочном бурении проводились как на буровых вышках кафедры разведочного дела, так и в производственных условиях, то есть в геолого-разведочных партиях.

Испытания прошли три основные стадии.

1. Экспериментальные исследования распространения колебаний в штанговой колонне, выяснение зависимости величины амплитуды от площади поперечного сечения штанг и изучение демпфирующих свойств замковых и ниппельных соединений в штанговой колонне.

2. Опыты по ликвидации аварий, связанных с прихватом колонкового снаряда на забое скважины, выяснение максимальной глубины скважин, в которых можно производить ликвидацию аварий с помощью вибратора, и установление характера аварий, которые поддаются ликвидации с вибрациями. Эти опыты проводились как на буровых вышках кафедры, так и непосредственно в полевых условиях.

3. Испытания вибраторов по обсадке скважин трубами.

Кроме обсадки скважин с помощью вибратора, опыты проводились и по выдергиванию обсадных труб из скважины, причем большей частью в аварийных случаях.

Опытные данные по изучению вибрации в штанговой колонне

Экспериментальные работы в этой области проводились в трех направлениях: а) выяснение возможности передачи колебаний от возбудителя колебаний, установленного на верхнем конце штанговой колонны, вниз по штангам; б) выявление зависимости величины амплитуды колебаний в нижнем конце штанговой колонны или, вернее, зависимости величины работы удара шарика, установленного в нижней части колонны, от площади поперечного сечения штанг или от диаметра штанг; в) выяснение демпфирующего действия замков и ниппелей, а также и резьбовых соединений на вибрации в штанговой колонне.

Установка для испытания вибраций в штанговой колонне была собрана в 12-метровой буровой вышке (фиг. 9). В верхней части вышки на четырех пружинных амортизаторах был установлен двухблочный вибратор направленного действия. К ниппелю вибратора была привинчена штанговая свеча длиной 9 м, диаметром 42 мм.

Для замера силы удара при вибрации нижнего конца штанг в низ свечи был ввернут специальный ниппель со стальным закаленным шариком диаметром 3,5 мм. Под шарик подкладывалась металлическая пластина из мягкой стали толщиной 10 мм, при этом пластина укладывалась на твердое основание, состоящее из кирпичей, которые, в свою очередь, покоились на бетонном полу. Установка пластины производилась с таким расчетом, чтобы шарик при неработающем вибраторе слегка нажимал на пластину.

Штанговая колонна, благодаря работе вибратора, приходила в колебательное движение. Ниппель с шариком, ввернутый в нижний конец штанг, также приходил в колебательное движение, и шарик наносил удары по стальной плите, оставляя отпечатки в виде полусферических углублений. Вследствие того, что нижний конец штанг после каждого удара немного отскакивал в сторону, отпечатки наносились не по одной и той же точке, а на некоторой площади пластины.

Воспользовавшись законом подобия, который говорит о том, что в данном материале одинаковые относительные деформации получаются при равных напряжениях, можно установить работу, совершаемую одним ударом шарика. Для этого необходимо протарировать пластину с помощью такого

же шарика, для чего на ниппель с шариком навертывался дополнительный груз. Вес груза с ниппелем составил 2370 г. Этот груз с ниппелем сбрасывался с различных высот на ту же пластину, и после этого производился замер диаметра отпечатка шарика. С каждой высоты для точности замеров груз с шариком сбрасывался пять раз. Данные по замеру диаметра отпечатка шарика и работы, производимой грузом, сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Высота сбрасывания в м	Работа в кг.м	Среднее значение диаметра в мм
0,5	1,2	2,22
1	2,37	3,14

Данные по замеру диаметров отпечатков шариков при вибрации штанговой колонны приведены в таблице 2.

Таблица 2

№ отпечатка	1	2	3	4	5	Среднее значение
3 замера диаметра отпечатка под углом 120° (в мм)	3,26	3,26	2,71	3,10	2,14	2,67 мм
	3,0	2,67	2,11	2,86	2,32	
	3,32	2,60	2,33	2,82	2,90	

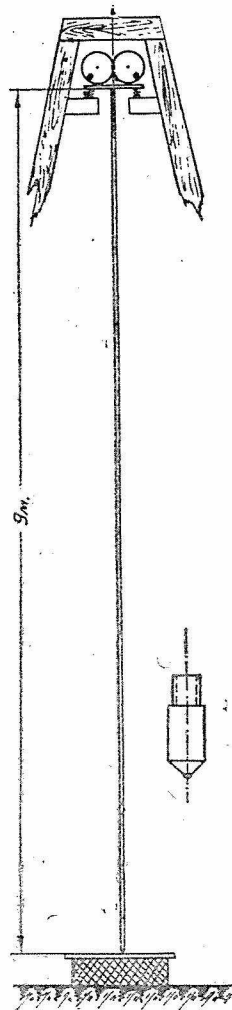
Сравнивая диаметры отпечатков шарика, полученные при свободном падении груза, с диаметрами отпечатков, полученными при ударах шарика под действием вибраций штанг, можно прийти к выводу, что если штангам диаметром 42 мм сообщить вынужденные колебания с максимальной возмущающей силой 700 кг и при числе колебаний 2500 кол/мин, то на конце 9-метровой штанги будет получена работа удара, равная приблизительно 2 кг.м.

Для вычисления зависимости величины амплитуды колебаний или, вернее, работы удара шарика в нижнем конце штанговой колонны от диаметра штанг аналогичные опыты были поставлены на 22-метровом металлическом копре в геолого-разведочной партии. Для постановки опыта был использован двухблочный вибратор, который при числе оборотов 2600 об/мин развивал максимальное возмущающее усилие, равное 1500 кг.

Для испытания был изготовлен специальный ниппель, в нижний конец которого был зачеканен стальной шарик диаметром 11,1 мм от шарикоподшипника.

Для исследования были собраны три штанговые свечи диаметром 42, 50 и 60 мм и длиной соответственно 18,22; 18,30 и 18,15 м. Каждая штанговая свеча состояла из четырех отдельных штанг стандартной длины 4,5 м. Соединение штанг—ниппельное.

В качестве экрана, воспринимающего удары шарика, были взяты обрезки из листовой мягкой стали толщиной 12 мм, причем все обрезки были вырезаны из одного целого листа.



Фиг. 9. Установка для изучения вибрации в штанговой колонне

Испытания проводились следующим образом. К вибратору привинчивалась штанговая свеча диаметром 42 мм, на нижний конец которой навинчивался ниппель с шариком. Под шарик на твердое основание подкладывался экран с таким расчетом, чтобы шарик слегка нажимал на стальную пластину. Нижний конец штанги отводился в сторону, включался в работу вибратор и после того как вибратор набирал нормальные числа оборотов, вибрирующая штанга подводилась обратно на пластину, и шарик оставлял на ней отпечатки.

Затем вместо штанг диаметром 42 мм устанавливались штанги диаметром 50 и 60 мм. Далее аналогичным образом были взяты отпечатки шарика на пластине при вибрации этих штанг. Необходимо отметить, что при проведении опытов со штангами диаметром 42, 50 и 60 мм частота колебаний и максимальное возмущающее усилие вибратора во всех трех случаях оставались неизменными.

Средние значения диаметров отпечатков шариков для различных диаметров штанг таковы:

диаметр штанг в мм	42	50	60
диаметр отпечатка в мм	3,73	2,7	1,94

Сравнивая результаты испытаний, можно сделать один весьма существенный вывод. Штанги с меньшей площадью поперечного сечения, то есть с меньшим диаметром, при вибрациях имеют большую амплитуду колебаний и дают большой диаметр отпечатка. Сила удара шарика при вибрации этих штанг гораздо большая, чем для штанг с большей площадью поперечного сечения.

Это обстоятельство весьма важно для ликвидации аварии с помощью вибратора, поскольку колебания от вибратора должны быть переданы по штангам к прихваченному инструменту с наибольшей амплитудой. Исходя из этих опытных данных, можно сделать заключение, что для ликвидации аварий с помощью вибратора лучше всего применять штанги меньшего диаметра, которые оказывают меньшее демпфирующее действие на вибрации за счет внутреннего трения в материале штанг.

Для выяснения демпфирующего действия ниппельных резьбовых соединений на вибрации в штанговой колонне был поставлен опыт с двумя штанговыми свечами одинакового диаметра 42 мм, но с различным числом ниппелей.

Первая штанговая свеча длиной 18,22 м, состоявшая из 4 штанг стандартной длины—4,5 м, имела три ниппельных соединения. Вторая штанговая свеча была собрана из различной длины обрезков штанг диаметром 42 мм. 11 отрезков штанг длиной от 0,75 до 2 м были свинчены с помощью ниппелей в свечу, общая длина которой составила 18,73 м. Таким образом, свеча имела 10 соединительных ниппелей в своем составе.

Затем аналогично предыдущему снимались отпечатки шарика на экране. Результаты замеров показали, что свеча с тремя ниппелями дала отпечаток диаметром 3,73 мм, а свеча с десятью ниппелями—3,05 мм.

Отсюда видно, что ниппельные резьбовые соединения ухудшают передачу вибраций по штанговой колонне и производят дополнительное демпфирование колебаний в штангах.

Поэтому для более успешной ликвидации аварий с помощью вибраторов в буровых скважинах необходимо составлять штанговую колонну с меньшим количеством замков и ниппелей.

Опытные данные по ликвидации аварий при бурении с помощью вибраторов

Постановка опытов по ликвидации аварий в буровых скважинах с помощью вибраторов, как было указано выше, проводилась на буровых вышках кафедры и на буровых вышках геолого-разведочных партий. Для этой цели применялись три вышеописанных двухблочных вибратора направленного действия.

Ликвидация аварий с помощью вибратора на буровых вышках кафедры разведочного дела. Во время прохождения учебных буровых практик на вышках кафедры вследствие неопытности студентов очень часто происходят аварии в скважинах. В настоящее время в процессе учебных буровых практик аварии, которые происходят вследствие прихвата бурового инструмента на забое скважины, ликвидируются с помощью вибратора.

Всего было ликвидировано с помощью вибратора на вышках кафедры 13 аварий, различных по характеру и по сложности. Приведем наиболее характерные случаи ликвидации аварий.

Первый случай ликвидации аварии с помощью вибратора показал громадные преимущества данного способа перед всеми другими существующими до настоящего времени. Этот случай описан в журнале „Разведка недр“ № 2 за 1952 год.

Второй случай. Авария произошла в скважине диаметром 86 мм на глубине 58,2 м при дробовом бурении станком КА-2М-300 вследствие прихвата снаряда.

Попытка расхаживать инструмент с помощью рычага и кремальеры не привела к положительным результатам. Для ликвидации этой аварии сразу же был применен вибратор, который при 3500 об/мин развивал максимальное возмущающее усилие 1370 кг.

Штанговая колонна вместе с установленным на нее вибратором была подхвачена канатом, и когда вибратор развил максимальное число оборотов, канат был натянут лебедкой бурового станка. Под действием вибраций и натяжения сначала медленно, а затем быстрее снаряд пошел вверх. Таким образом, с помощью вибратора эта авария была ликвидирована буквально в течение нескольких десятков секунд.

Третий случай. В скважине, пробуренной дробовым способом в крепких трещиноватых песчаниках на глубине 41 метр, колонковый снаряд не всегда свободно проходил вниз и вверх. Иногда для спуска снаряда на этой глубине приходилось проталкивать его с помощью ударной бабы. То же самое приходилось делать и при подъеме. Этот интервал разбуривался победитовыми коронками, так как здесь было узкое место скважины и, вероятно, отверстие имело форму эллипса. Иногда снаряд при подъеме проходил это узкое место только под действием натяжения лебедки станка, однако с замедленным движением, но чаще всего при подъеме снаряд заклинивался именно на этой глубине, и для его дальнейшего движения приходилось применять ударную бабу.

С помощью вибратора такие неполадки в скважине устранялись очень легко и быстро. Стоило только установить вибратор на штанги и включить его в работу, как колонковый снаряд без особых затруднений проходил это узкое место вверх и вниз.

Четвертый случай. При дробовом бурении в скважине, описанной во втором случае, авария произошла вследствие заклинки колонкового снаряда дробью, осевшим дробовым и буровым шламом в кольцевом зазоре между стенками колонковой трубы и стенками скважины, а также осевшим буровым и дробовым шламом над колонковым снарядом.



Для ликвидации аварии перед применением вибратора были предприняты следующие попытки. Две бригады, по 12 человек каждая, в течение 2 часов безуспешно пытались выбить снаряд с помощью ударной бабы. После этого рядом со штангами в скважину были спущены промывочные трубки меньшего диаметра и была произведена промывка осевшего шлама над колонковой трубой. Затем вновь установили ударную бабу и попытались выбить снаряд, но безуспешно. С помощью вибратора эта авария была ликвидирована всего лишь за 10—15 секунд.

Ликвидация аварий с помощью вибратора в производственных условиях. Как было указано выше, опыты по ликвидации аварий с помощью вибратора в буровых скважинах проводились нами в геолого-разведочных партиях, причем вибраторы испытывались на самых различных по характеру авариях и на различных глубинах.

Опытные данные позволяют уже на данном этапе сделать предварительное заключение относительно области применения вибраторов, то есть, до какой глубины и какие типы аварий можно ликвидировать с помощью вибраторов.

Для постановки опытов по ликвидации аварий в скважинах были использованы двухблочные вибраторы направленного действия, причем более чем из 40 случаев применения вибраторов для этих целей положительные результаты были получены только в 23 случаях.

В начальный период опыты по ликвидации аварий с помощью вибратора ставились в геолого-разведочных партиях Кузбасса. В этих партиях бурение в основном проводилось в осадочных породах коронками, направленными резцами из твердых сплавов, и бурение производилось до глубины 500—700 м станками типа КАМ-500 и Крелиус В-3. Аварии здесь происходили вследствие зажима колонкового снаряда в угольных пластах и в толщах алевролитов и, как правило, на больших глубинах порядка 400—600 м. Поэтому, естественно, можно было ожидать, что ликвидация таких аварий с помощью вибратора является делом затруднительным в основном по двум причинам:

- 1) применявшийся вибратор с максимальным возмущающим усилием 1500 кг являлся слишком слабым инструментом для того, чтобы заставить вибрировать штанговую колонну длиной 400—600 м при диаметре штанг 50 и 60 мм;

- 2) при вибрации колонкового снаряда мелкий шлам, удерживающий инструмент на забое скважины, не разрыхлялся, а, наоборот, уплотнялся, и авария еще более усугублялась.

Поэтому ряд попыток ликвидировать аварии в этих условиях на глубинах 400—600 м не дали никаких положительных результатов.

Затем опыты были перенесены на более мелкие скважины порядка 100—200 м. Наиболее характерные из ликвидированных и неликвидированных аварий с помощью вибратора в неглубоких скважинах таковы.

1 случай. Глубина скважины 75,7 м, бурение дробовое станком КА-2М-300, угол наклона 72°, диаметр скважины 86 мм. Буровой снаряд был прихвачен на забое скважины. Через час после того, как произошла авария, на штанги установили вибратор, и в течение 3 минут аварию удалось ликвидировать. Ликвидация аварии происходила следующим образом. Вибратор, установленный на штангах, был включен в работу и не выключался до конца ликвидации. Первая натяжка была дана вручную через шкив станка, при этом инструмент удалось поднять на 5—6 см, затем при ослаблении каната штанговая колонна под действием вибраций и собственного веса опустилась обратно. При второй натяжке инструмент поднялся уже на 18—20 см. Третья натяжка позволила приподнять снаряд на 60 см, затем снаряд вновь опустился при ослаблении каната. После двух последующих рывков лебедкой инструмент был освобожден от прихвата.

2 случай. В скважине на глубине 91,3 м при дробовом бурении в крепких песчаниках снаряд диаметром 86 мм был прихвачен на забое. Скважина—искривлена. До применения вибратора ликвидация аварии производилась ударной бабой, причем в течение 60 минут снаряд был выбит на 50 см. После этого инструмент стали вытягивать лебедкой станка с вибрациями. Как и в предыдущем случае, вибратор был установлен на штанги, с натяжкой и ослаблением каната через лебедку станка снаряд в течение 12—15 минут был освобожден от прихвата.

Характерно, что при очень сильном натяжении каната инструмент с вибрациями медленнее двигался вверх, чем при умеренной натяжке. То же самое наблюдалось и при опускании инструмента. Если канат совершенно ослаблялся, то штанговая колонна под действием собственного веса и вибраций медленно опускалась в скважину, если же канат поддерживался в натянутом состоянии и постепенно скручивался с барабана лебедки, то штанги спускались в скважину заметно быстрее.

Это можно объяснить наличием искривления скважины, а именно, когда штанги натянуты, то они с большей силой прижимаются к стенкам скважины и вибрации штанг в большей степени демпфируются, чем при слабо натянутой штанговой колонне.

3 случай. На глубине 63,7 м при бурении коронкой с резами из твердых сплавов диаметром 76 мм произошел прижог коронки. Известно, что такой тип аварий является самым тяжелым. Ликвидацию этих аварий обычно производят с помощью левого набора инструментов путем разворачивания и извлечения штанг и бурового снаряда по частям. С помощью вибратора эта авария была ликвидирована в течение менее одной минуты.

К сожалению, подтвердить успешность ликвидации аварий с прижогом коронки на других скважинах не удалось, поскольку не представлялось удобных случаев. Несколько аварий, связанных с зажимом инструмента в неустойчивых породах и прихватом мелким породным шламом, на глубинах 60—180 м при бурении твердыми сплавами ликвидировать с помощью вибратора не удалось, так же как и не удалось ликвидировать аварию на глубине 36 м, связанную с зажимом снаряда и с обвалом стенок скважины.

Все вышеперечисленные опыты по ликвидации аварий были проведены вибратором с максимальным возмущающим усилием в 1500 кг.

Испытания вибратора ВП-7, который развивал при 3600 об/мин максимальное возмущающее усилие, равное 5850 кг, дали хорошие результаты, причем наиболее характерные случаи ликвидации аварий с помощью данного вибратора таковы.

1 случай. В скважине на глубине 75 м был прихвачен колонковый снаряд. Бурение производилось дробью станком КА-2М-300 с промывкой скважины глинистым раствором. Длина колонкового снаряда—6,5 м, диаметр скважины 89 мм, породы X категории.

Первые четыре дня аварию пытались ликвидировать обычными способами, для чего вначале попытались выбить снаряд ударной бабой и в течение 1,5 часов 15 человек безуспешно производили выбивание. Затем попытались вытянуть снаряд с помощью двухвинтового 40-тонного домкрата, причем эта попытка привела к обрыву штанг.

После этих неудачных попыток ликвидации аварии приступили к разворачиванию штанговой колонны с помощью левого аварийного снаряда. Правая штанговая колонна была развернута и поднята на поверхность, но переходник отвернуть не удалось.

Через 15 смен после того как произошла авария, для ее ликвидации был применен вибратор ВП-7. Вибратор был установлен на левую штанговую колонну, которая в своем составе, кроме 42 мм штанг с левой резбой, имела два метчика и три штанги диаметром 50 мм.

В течение 20 минут работы вибратора с одновременным расхаживанием инструмента, то есть с натяжением и ослаблением каната лебедкой станка, авария была ликвидирована, буровой инструмент был освобожден от прихвата и извлечен на поверхность.

При тщательном наружном осмотре извлеченной штанговой колонны никаких следов от действия вибраций на материал штанг обнаружено не было.

2 с л у ч а й. В процессе ликвидации предыдущей аварии вибратор вышел из строя—в нем смолотились шестерни редуктора синхронизатора. При дальнейшей эксплуатации вибратора необходимо было сменить изношенные шестерни новыми, которые необходимо было вновь заказывать в мастерской. Поэтому было решено удалить одну шестерню и таким образом выключить из работы один дебаланс, то есть вибратор был превращен из двухблочного в одноблочный с возмущающим усилием 2950 кг при тех же числах оборотов. Таким одноблочным вибратором и производилась дальнейшая ликвидация аварий в скважинах.

Скважина, в которой авария была ликвидирована этим одноблочным вибратором, имела следующие данные: глубина—44 м, диаметр—108 мм, длина снаряда—6 м, бурение дробовое станком КА-2М-300; породы X категории; промывка—глинистым раствором.

Авария произошла вследствие прихвата бурового снаряда дробью и шламом. Для ликвидации, как и в предыдущем случае, в течение 9 суток были предприняты следующие попытки.

Непрерывно, в течение трех смен 9 человек безуспешно производили выбивание снаряда с помощью ударной бабы, 40-тонный домкрат также оказался бессильным ликвидировать эту аварию. Затем с помощью левых штанг и левых метчиков и колоколов развернули и извлекли штанговую колонну из скважины, расфрезеровали переходник и снарядом диаметром 75 мм разбурили керн внутри оставленной в скважине колонковой трубы и пробурили на 75 см ниже коронки.

Через 27 смен после того, как произошла авария, она была ликвидирована с помощью нашего одноблочного вибратора всего лишь за 20 минут. Для этого на штангах 42 мм был спущен метчик большого диаметра и ввернут в колонковый снаряд. Вибратор установили на верхний конец штанг и подвесили на крюк буровой вышки. Процесс ликвидации проводился аналогично предыдущему случаю.

Приведем характерные случаи ликвидации аварий с помощью вибратора ВП-1.

1. При дробовом бурении станком КА-2М-300 по породам IX категории колонковый снаряд был прихвачен на глубине 132 м. Эта авария в течение 25 минут была довольно успешно ликвидирована с помощью вибратора ВП-1, причем ликвидацию аварии производили с расхаживанием бурового снаряда с помощью лебедки станка.

2. На глубине 200 м также при дробовом бурении снаряд был прихвачен на забое скважины. Бурение проводилось станком КА-2М-300, буровые штанги имели диаметр 42 мм. Вибратор установили на верхнем конце штанг и приступили к ликвидации аварии. В первые 10 минут с расхаживанием инструмента снаряд удалось вытянуть на 25 см, и вследствие вибрации и чрезмерной натяжки штанговая колонна была порвана. После того как вновь поймали оборванные штанги метчиком и приступили к повторной ликвидации, штанговая колонна еще раз была оборвана. Всего произошло три обрыва штанговой колонны вследствие вибраций и натяжки, инструмент же удалось поднять на 60 см. После этого вибратор был снят, и снаряд довольно быстро удалось вытянуть домкратом.

Как показал этот случай, старые изношенные штанги под действием вибратора с максимальным возмущающим усилием, равным 6500 кг, уже не выдерживают этой динамической нагрузки и разрушаются.

Опытные данные по обсадке скважин трубами с помощью вибратора

Для обсадке скважин трубами применялись как двухблочные вибраторы направленного действия, так и одноблочный вибратор ненаправленного действия.

Первый случай применения вибратора для обсадке скважин трубами описан в журнале „Разведка недр“ № 5 за 1952 г. Другие наиболее характерные случаи обсадке скважин с вибрациями приводим ниже.

Второй случай. Скважину глубиной 42 м стали обсаживать трубами диаметром 127 мм сразу же с помощью вибратора.

Первая труба длиной 4,5 м была свободно спущена под действием собственного веса, и после того, как на нее навернули вторую трубу, колонна самостоятельно спустилась еще на 1,5 м и остановилась. Через переходник на трубы установили двухблочный вибратор и подвесили его за серьгу на крюк вышки. Включили вибратор, и трубы сначала медленно, а затем быстрее стали спускаться в скважину под действием собственного веса и вибраций. Вторая труба была спущена в скважину с вибрациями за 2,5 минуты, причем колонна труб при спуске притормаживалась лебедкой станка. Затем навернули третью трубу и вновь установили вибратор. В этом случае трубы удалось спустить еще на 1,7 м, после чего колонна дальше не пошла. Колонну провернули на три оборота и вновь включили вибратор, при этом трубы опустились еще на 40 см.

После этого сняли вибратор, спустили на штангах буровую ложку и разбурили пробку породы, которая образовалась около башмака обсадной колонны. Вновь установили вибратор, и с помощью его трубы были обсажены еще на 1,5 м.

Таким образом, чередуя действие вибраций на обсадные трубы с их прокручиванием и время от времени спуская ложку для разработки пробки породы около башмака колонны, обсадные трубы удалось спустить до глубины 18,6 м. Дальнейший спуск обсадной колонны был прекращен, так как обсадить скважину необходимо было всего лишь на глубину 16 м.

На спуск обсадных труб было затрачено 3 часа 20 минут. Время обсадки с помощью вибратора составило в сумме 20—25 минут.

Третий случай. Обсадка скважины началась с поверхности трубами диаметром 112 мм. Верхние слои составили пески с прослойками глины до глубины 15 м. Этот интервал аналогично предыдущему случаю был обсажен с помощью вибратора за 1 час 20 минут, причем трубы свободно спускались с вибрациями и останавливались, как только прекращалась работа вибратора. Ниже 15 м находилась мощная толща глин. С вибратором удалось врезаться башмаком обсадных труб в пласт глины на 50—60 см, и дальнейшая работа вибратора не давала никакого эффекта.

В некоторых случаях обсадка скважин трубами с помощью вибратора проводилась с дополнительным задавливанием труб, что также давало положительные результаты.

Другие работы в скважинах, проводимые с помощью вибратора

Кроме опытов по ликвидации аварий и по обсадке скважин трубами, с помощью вибратора проводились и другие работы с целью выяснения области применения вибраторов в разведочном бурении.

1. В скважине глубиной 342 м, обсаженной до 190 м, на глубине 130 м оборвались обсадные трубы и опустились, причем нижняя часть колонны была крепко зажата породами. После извлечения верхних 130 м труб с помощью труболовки, так называемой „бороды“, спускаемой на штангах

диаметром 60 мм, стали захватывать, рвать на части и извлекать на поверхность нижние трубы. Натяжение производилось талевой системой и лебедкой станка Крелиус В-3 и доходило до 40—45 тонн.

В то время, когда „борода“ была установлена на глубине 170 м, решили испытать вибратор, который в течение 1,5 минут освободил „бороду“, и она без труб была поднята на поверхность.

2. С помощью вибратора легко загонялись металлические сваи и штанги для оттяжек при установке копров, лебедок и т. д. 2-метровая штанга диаметром 42 мм под действием вибраций за 2—3 минуты погружалась в грунт на 1,6—1,7 м.

3. С помощью вибраций можно производить развинчивание резьбовых соединений в трубных колоннах, когда эти соединения с большим трудом поддаются развинчиванию ключами.

Выводы

Результаты опытов, поставленных нами для изучения вибраций в штанговой колонне и применения вибраторов для ликвидации аварий и обсадки скважин трубами при бурении, позволяют сделать следующие выводы.

1. Для ликвидации аварии в буровых скважинах и для обсадки скважин трубами необходимо создать вибратор с большим максимальным возмущающим усилием и с низкой частотой. Сила вибратора не должна превышать прочности штанг на динамические нагрузки.

2. Вибрации лучше передаются по штангам с меньшей площадью поперечного сечения. Для более успешной ликвидации аварий в скважинах с помощью вибратора необходимо применять штанги меньшего диаметра.

3. Успешность ликвидации аварий с помощью вибраторов зависит от следующих факторов: а) от глубины скважины; б) от кривизны скважины, в неискривленных скважинах ликвидация аварий происходит более успешно; в) от силы прихвата бурового снаряда.

4. Наиболее успешно ликвидируются аварии с помощью вибраций при дробовом бурении, которые происходят вследствие прихвата снаряда дробью или крепкими кусками породы, а также аварии, связанные с пригоном коронок.

5. Ликвидация аварий, связанных с зажимом бурового снаряда в пластах сравнительно мягких пород, а также прихватом осевшим мелким буровым шламом и завалом снаряда, с помощью вибраций почти невозможна.

6. Предельная глубина досягаемости вибраций, установленная нами, — 200 м, но при более мощных конструкциях вибраторов очевидно ликвидация аварий будет возможной и при больших глубинах.

7. Согласно нашим опытам обсадка скважин трубами с помощью вибратора успешно производится в сравнительно неглубоких скважинах.

8. Применение вибраторов в разведочном бурении повышает производительность работ во много раз и дает большую экономию. Так, только на двух ликвидированных с помощью вибратора авариях было сэкономлено 40—50 тыс. руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куличихин Н. И., Воздвиженский Б. И. Разведочное бурение. Госгеолиздат, 1949.
2. Астафьев А. Ф. Инженерная справочная книга. ОНТИ, 1937.
3. Машиностроение. Энциклопедический справочник, том I, Машгиз, 1948.