

А.Н. Давиденко, А.А. Игнатов

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ПО ПОДГОТОВКЕ СКВАЖИНЫ К КРЕПЛЕНИЮ

Дан анализ состояния техники и технологии крепления скважин. Отмечены основные недостатки существующих приемов крепления ствола скважины. Обоснован гидродинамический способ удаления глинисто-шламовых паст. Приведены положения теории работы проектируемого устройства для обработки кавернозных зон.

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ПО ПІДГОТОВЦІ СВЕРДЛОВИНИ ДО КРІПЛЕННЯ

Наведено аналіз стану техніки і технології кріплення свердловин. Зазначено основні недоліки існуючих прийомів кріплення стовбура свердловини. Обґрунтовано гідродинамічний спосіб видалення глинисто-шламових паст. Наведено положення теорії роботи проектованого пристрою для обробки кавернозних зон.

SOME FEATURES OF WORK OF DEVICE ON PREPARATION OF BORE HOLE TO FASTENING

The subject of the article is the analysis of the state and prospects of development of technique and technology of fastening of bore holes. A feature of construction and principle of action of the improved device is considered for treatment of barrel of bore hole. The technical solutions used for improved device for treatment of barrel of bore hole are pointed out.

ВВЕДЕНИЕ

На качество выполнения работ по креплению и тампонированию скважин влияют следующие основные факторы: состав, технологические свойства, качество тампонажной смеси и способ ее подачи в затрубное пространство; необходимость применения дополнительных средств, предупреждающих возникновение фильтрации и появление суффозионных каналов в тампонажном растворе в период его загустевания и твердения, а кроме того, создание режима покоя скважины в указанных этапах; полнота замещения очистного агента тампонажным раствором в заколонном пространстве скважины; прочность и герметичность контакта тампонажного камня с обсадной

колонной и стенками скважины [1]. Последних два обстоятельства, наиболее весомых во всем перечисленном комплексе, почти целиком определяются состоянием ствола скважины, подготовленного к закачиванию тампонажного раствора.

В целом, можно сказать, что процесс тампонирования исследован всесторонне как теоретически, так и экспериментально; тем не менее, полученные результаты в большинстве своем неясны и противоречивы. Большинство авторов приходят к выводу [1 – 4], что одной из основных причин некачественного тампонирования является наличие в стволе скважины кавернозных интервалов (глубокие в радиальном направлении уширения), внутри которых происходит накопление обломков разрушенной по-

роды и образование высоковязких малоподвижных глинисто-шламовых паст, которые при поступлении тампонажного раствора в затрубное пространство активно смешиваются с ним, результатом чего является резкое падение технологических и технико-экономических показателей операции по тампонированию обсадных колонн.

В связи с отмеченным, становится очевидным, что одним из важных резервов повышения эффективности и качества строительства скважин является совершенствование процессов подготовки ствола к креплению, в особенности методов и приемов обработки его кавернозных зон.

Цель статьи – изучение и детализация некоторых аспектов в подходах к технико-технологическому обеспечению подготовки ствола скважины к креплению и тампонированию.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Как указывают многие исследователи, повышенное внимание следует уделять именно фазе подготовки ствола скважины к тампонированию. В настоящее время наиболее общим приемом по очистке каверн от шлама и проработке ствола перед размещением и тампонируанием обсадной колонны является спуск в скважину нового долота (с центральной промывкой) в сочетании с жесткой компоновкой и проработка им ствола скважины с промывкой. Однако такая технология практически не позволяет очистить каверны от шлама, что в большинстве случаев исключает возможность качественного тампонируания кавернозных зон.

Именно этими обстоятельствами была вызвана необходимость разработки особых приемов в технологии подготовки ствола скважины к креплению, и как следствие, создания принципиально иных устройств, призванных обеспечить повышение качества удаления глинисто-шламовых паст из кавернозных интервалов.

Конструктивные признаки одного из таких устройств, использующего в качест-

ве рабочего органа специальные лопасти, которые способствуют возникновению направленных потоков в объеме очистного агента, находящегося в стволе скважины, рассмотрены ранее [5]. Вместе с тем, для четкого представления о механизме действия разработанного устройства необходимо подвергнуть тщательному качественному и количественному изучению все аспекты контактирования его рабочих элементов – лопастей с очистным агентом, в котором, под их воздействием, и происходит образование активных масс жидкости.

Предлагаемая схема устройства обеспечивает реализацию возможности силового соотношения лопастей с определенным объемом жидкости, что и является основой его функционирования. Выбор в качестве рабочего узла лопастного элемента обусловлен его отличительными особенностями, проявляющимися при взаимодействии последнего с жидкостью или газом. В том или ином виде лопастные исполнительные органы используются в турбинах, воздушных винтах, компрессорах и других подобных машинах, где на них возложена функция трансформации механической энергии рабочего агента в энергию вращающегося вала или ей обратная – преобразование вращательного движения в энергию ускорения масс протекающего через них агента – это наиболее общее и универсальное определение, характеризующее принцип действия указанных устройств. Но, не смотря на некоторую кажущуюся общность в части применяемого лопастного механизма, конструктивное оформление последнего, выполняемые им функции, а, следовательно, и выходные технологические параметры, кардинально различны для каждого из его использующих устройств. Среди таких отличий надлежит, прежде всего, обозначить следующие: подвижность или стационарность лопастного органа, число и взаимное расположение самих лопастей, их основные геометрические характеристики и соотношения между ними, а также способ размещения отдельных лопастей в машине, схема движения

рабочего агента, реализованная в данном устройстве, и т.д.

Для создания четкой картины работы лопастного устройства для очистки каверн от глинисто-шламовых паст и последующего ее теоретического обоснования необходимо рассмотреть его принцип функционирования детально.

Лопастей проектируемого устройства, находящегося в скважине, оказывают силовое воздействие на очистной агент. В свою очередь со стороны промывочной жидкости на лопасти действует реактивная сила – это следует из известного в механике закона Ньютона: взаимодействия двух тел друг на друга равны между собой и направлены в противоположные стороны. Совершенно очевидно, что эта реактивная сила посредством лопастей будет восприниматься бурильной колонной, а ввиду значительной инертности последней, ею она будет гаситься, и в то же время она должна быть учтена в проверочном расчете лопастных элементов на прочность. Размещением только двух лопастей в устройстве достигается его большая маневренность и автономность в работе при движении по стволу скважины, а также необходимость сохранения определенных гидравлических характеристик в потоке промывочной жидкости.

Для обеспечения работы устройства по удалению глинисто-шламовых паст из каверн его необходимо вращать. При вращении лопастного элемента в жидкости возникает разность давлений по обе стороны каждой лопасти и, следовательно, силовое взаимодействие потока с лопастным органом. Этими силами совершается работа, преобразующаяся в механическую энергию потока. Силы давления лопасти на поток создают вынужденное аксиальное и вращательное движение промывочной жидкости, увеличивая ее скорость и давление, иными словами механическую энергию. Такой силовой контакт возможен только в случае наличия у пластины, выполняющей роль лопасти, вполне определенного угла установки относительно оси корпуса устройства

и необходимого профильного сечения, так как известно, что вращающаяся плоская пластина оттеснять от себя рабочий агент не будет [6]. Также бесспорно, что удельное приращение энергии объемом жидкости, движущейся сквозь лопастной орган, будет зависеть от сообщаемой скорости, частоты вращения лопастей, а также площади активной зоны воздействия.

С целью дальнейшего рассмотрения принципа действия лопастного устройства, исходя из позиций гидродинамики, необходимо дать четкое определение его работы, которое выражается в следующем: лопастной элемент производит ускорение массы протекающей через него жидкости, или иными словами приращение количества энергии. Задача работы устройства состоит в преобразовании потенциальной энергии промывочной жидкости в кинетическую, посредством ее направления в зону накопления глинисто-шламовых паст. Этому собственно и подчинен механизм функционирования рассматриваемой машины и его конструктивное оформление. В ходе дальнейших рассуждений, для краткости, будем называть поток промывочной жидкости, прошедший сквозь вращающийся лопастной орган – возмущенным.

Приближенное выражение для определения механического воздействия возмущенного потока промывочной жидкости на глинисто-шламовые образования может быть составлено на основе теоремы о количестве движения: изменение количества движения системы происходит под действием только внешних сил, то есть сил, действующих на систему со стороны тел, в эту систему не входящих. Рассматривая элементарный объем промывочной жидкости, отбрасываемый лопастью, и применяя к нему теорему о количестве движения, можем записать следующее: векторная производная по времени dt от количества движения системы dP равна главному вектору внешних сил S , приложенных к системе

$$\frac{dP}{dt} = S. \quad (1)$$

Вид движения жидкости, приобретающий ее в результате работы лопастного устройства, носит довольно сложный и практически не поддающийся изучению характер. Однако, в общем, с целью получения соответствующих действительности параметров возмущенного потока промывочной жидкости можно прибегнуть к некоторым упрощениям при рассмотрении работы отдельного лопастного элемента, которые все же не повлекут за собой особых погрешностей в трактовке результатов. Сказанное относится прежде всего к возможности рассмотрения работы отдельной лопасти не в целом, а в качестве большого числа элементарных пластинок, которые работают независимо друг от друга. Следовательно, изучив работу одной такой пластины, можно получить представление о механизме действия всей лопасти, дополнив его определенными технико-технологическими характеристиками. В итоге задача изучения работы лопастного органа состоит в том, чтобы исходя из конструктивных особенностей устройства для очистки каверн установить параметры взаимодействия между промывочной жидкостью и работающей в ней лопастью.

Необходимым условием активной работы лопастного органа, как уже отмечалось, является наличие в сечении у лопасти надлежащего профиля, с одной стороны отвечающего требованиям к возникновению гидродинамической силы, способствующей возбуждению направленных потоков при прохождении жидкости сквозь устройство, а с другой – условиям соблюдения прочности в отношении восприятия реактивной упорной реакции со стороны отбрасываемой массы промывочной жидкости при вращении лопасти. Обозначенным факторам в наибольшей мере отвечают сегментные и так называемые авиационные профили, которые в самом общем случае характеризуются наличием плоской (для авиационных – вогнутой) и выпуклой частей; наиболее простым из них является круговой сегмент.

При движении лопасти поток, обте-

кающий ее выпуклую сторону (засасывающую), слегка поджимается, и вследствие этого движение его ускоряется. С противоположной же стороны поток, обтекающий вогнутую сторону лопасти (нагнетающую), встречая на своем пути препятствие, несколько замедляет скорость (для плоской профильной стороны препятствие устанавливается определенным углом поворота лопасти относительно оси устройства). В полном соответствии с законом Бернулли о распределении давления в потоке, на засасывающей стороне лопасти давление в промывочной жидкости падает и возникает зона разрежения. В то же время на нагнетающей стороне лопасти, напротив, возникает зона увеличенного давления. Таким образом разрежение на выпуклой поверхности лопасти заставляет промывочную жидкость двигаться к лопасти, а давление на вогнутой (плоской) поверхности способствует отбрасыванию жидкости. Реакция отбрасываемой массы промывочной жидкости передается через лопасти корпусу устройства. В результате рассмотренного сложного гидродинамического взаимодействия и возникает явление отбрасывания промывочной жидкости лопастями устройства с определенной аксиальной скоростью. В выяснении величины такой скорости и состоит одна из основных задач аналитического расчета лопастного устройства.

Как показывает практика применения лопастных исполнительных органов в машинах смежных отраслей техники, наиболее рациональной характеристикой, в отношении получения вполне определенных гидродинамических параметров потока, протекающего через лопасти, обладают те формы последних, в основу образования которых положена винтовая поверхность [7 – 9]. Это в свою очередь позволяет, в частности, получить достаточно исчерпывающие сведения о траектории движения каждой отдельной лопасти в контрольных точках и их совокупности, что является основой рассмотрения теории действия лопастного органа.

Даже самый общий анализ вопросов взаимодействия лопасти с жидкостью или газом, изучение которых связано с проектированием лопастных машин, говорит о том, что несмотря на единство подходов к вскрытию сущности работы лопастного элемента, имеется достаточно большое количество теорий, появление и развитие которых связано с необходимостью получения тех или иных внешних характеристик проектируемой машины, определяемых, в первую очередь, ее промышленным назначением, а также определенными предпосылками, упрощающими условиями и собственными взглядами авторов на данную проблематику.

В основу рассмотрения работы лопастного элемента, размещенного в устройстве для очистки каверн, необходимо положить те факторы, которые в наибольшей мере оказывают свое влияние на гидродинамические свойства потока промывочной жидкости, а именно, стационарность положения лопастного органа относительно объекта обработки или некоторая скорость его перемещения, ограниченность зоны действия в радиальном и осевом направлениях, само конструктивное исполнение лопасти и способ ее размещения относительно корпуса устройства и оси скважины, возможность обеспечения рациональной скорости вращения.

Остановимся на выяснении факторов, определяющих показатели работы устройства по очистке каверн. Выше было показано, что для объяснения явлений, возникающих при действии лопасти на объем промывочной жидкости, вполне применима теорема об изменении количества движения (1). Применяя эту теорему непосредственно к трактовке механизма работы лопастного органа, мы можем записать: приращение количества движения, сообщенное отбрасываемому объему промы-

вочной жидкости, равно импульсу реактивного давления на лопасти. Относя сформулированное положение к единице времени, получаем следующее выражение для определения действующей секундной массы промывочной жидкости на лопастной элемент (или другими словами – секундной массы отбрасываемой промывочной жидкости)

$$m = Fv\rho, \quad (2)$$

где F – площадь лопастного органа, м^2 ;
 v – скорость возмущенного потока, покидающего лопастной орган, м/с ;
 ρ – плотность промывочной жидкости, кг/м^3 . В отношении величины v в (2) можно сказать, что в соответствии с ранее обозначенными геометрическими характеристиками лопастного элемента, она будет зависеть от двух компонентов – вращательного и поступательного движения лопасти, то есть последняя имеет в направлении вращения скорость, определяемую угловой скоростью вращения лопасти и в направлении перемещения – шагом лопастного элемента (основного параметра винтовой поверхности).

ВЫВОДЫ

Довольно подробное рассмотрение принципов функционирования устройства по очистке каверн лопастного типа является основой дальнейшего теоретического обоснования его конструктивного исполнения. Особые технологические приемы и механизм ликвидации глинисто-шламовых паст позволит значительно увеличить качество очистки каверн и крепления ствола скважины, а это в свою очередь практически исключит расходы на ремонтно-восстановительные работы.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будников В.Ф. Проблемы механики бурения и заканчивания скважин / Будников В.Ф., Булатов А.И., Макаренко П.Г. – М.: Недра, 1996. – 496 с.

2. Маковей Н. Гидравлика бурения / Н. Маковей: Пер. с рум. – М.: Недра, 1986. – 536 с.

3. Булатов А.И. Гидромеханика углубления и цементирования скважин / Булатов А.И., Габузов Г.Г., Макаренко П.П. – М.: Недра, 1999. – 438 с.

4. Промывка при бурении, креплении и цементировании скважин / [Беликов В.Г., Булатов А.И., Уханов Р.Ф. и др.] – М.: Недра, 1974. – 240 с.

5. Давиденко А.Н. Усовершенствование устройства для обработки скважины / А.Н. Давиденко, А.А. Игнатов, В.В. Яцык // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 4. – С. 36 – 37.

6. Штеренлихт Д.В. Гидравлика / Д.В. Штеренлихт. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 639 с.

7. Чугаев Р.Р. Гидравлика / Р.Р. Чугаев. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.

8. Федяевский К.К. Гидромеханика / Федяевский К.К., Войткунский Я.И., Фаддеев Ю.И. – Л.: Судостроение, 1968. – 568 с.

9. Шерстюк А.Н. Насосы, вентиляторы, компрессоры / А.Н. Шерстюк. – М.: Высшая школа, 1972. – 338 с.

ОБ АВТОРАХ

Давиденко Александр Николаевич – д.т.н., заведующий кафедрой техники разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета.

Игнатов Андрей Александрович – старший преподаватель кафедры техники разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета.