© С.Г. Зыков, 2006

УДК 658.58

С.Г. Зыков

ПОИСК, АНАЛИЗ, ОЦЕНКА И ФОРМИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ БУРОВЫХ И НАСОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ РУДНИКОВ ПВ

Семинар № 16

1. Характеристика, анализ, оценка и учет факторов и технических условий при бурении, обсадке и оборудовании скважин ПВ в экстремальных условиях.

Скорость и качество бурения и оснащения скважин ПВ всецело зависят от сложности горно-геологических условий, крепости, морфологии и тектоники горных пород, в т.ч. от характера и типа пород, располагаемых на участках вечной мерзлоты и от др. факторов.

В условиях Хиагдинского месторождения (Бурятия), как наиболее разведанного, достаточно хорошо изученного и частично подготовленного к эксплуатации способом ПВ, для обеспечения проектной производительность предприятия ПВ по металлу 1000 т в год требуется выполнять ежегодный объем буровых работ – 59900 п.м./год. Причем, при проходке скважин глубиной до 180 м необходимо пройти как толщи осадочных пород, располагаемых в вечной мерзлоте, так и материковых базальтовых пород, лежащих в нижних горизонтах. Бурение в таких условиях осложняется прихватом бурового снаряда, случающимся, чаще всего, на контакте мерзлых пород с породами, имеющими плюсовую температуру, что нередко приводит к авариям, повышенному расходу буровых инструментов (особенно при бурении базальтов), и, как следствие, характеризуется низкой производительностью, повышенной численностью буровых бригад и ростом эксплуатационных расходов на бурение, как породоразрушающего инструмента, так и бурового снаряда, обсадных труб и материалов используемых при бурении. Для обеспечения широкого фронта буровых работ, ежегодного сооружения от 326 -338 скважин требуется задействовать значительный парк буровых станков и другого вспомогательного и обслуживающего оборудования.

Расчет количества буровых установок выполнен, исходя из максимально достигнутой в настоящее время производительности по сооружению скважин аналогичным буровым оборудованием на действующих предприятиях ПВ. Одновременно принято во внимание ожидаемое повышение в будущем эффективности работы буровой службы по мере развития технического прогресса и приобретение опыта в экстремальных условиях.

Для отечественного бурового станка типа ЗИФ-1200П первоначальная производительность при сооружении скважин – 1200 п.м./на станкомесяц, а с учетом ожидаемого повышения эффективности работы – до 1600 п,м./ станкомесяц, а для бурстанка типа ЗИФ-650 указанные значения производительности соответственно ниже ~ на 27 %. Максимальная глубина скважин в зависимости от применяемого бурового станка достигает от 250 до 500 м. Исходя из этого, с учетом применения понижающих коэффициентов на тяжелые горно-геологические и суровые климатические

условия требуемое количество бурстанков типа ЗИФ-650 составит 11 штук, а ЗИФ-1200 – 8 шт. Кроме того, при расчетном сроке эксплуатации сооружаемых скважин 4-6 лет в процессе эксплуатации прифильтровая зона технологических скважин подвергается механической и химической кольматации, для ликвидации ее последствий предусматривается использовать установку «АС-ПВ» на базе ЗИЛ-131 (разработчик «ВНИИгеофизики» г. Раменское).

Помимо этого, для условий рассматриваемого месторождения предусматривается применение гравийных фильтров, способствующих повышению производительности технологических скважин и увеличению срока их службы. Средняя приемистость одноколонных конструкций нагнетательных скважин с гравийной обсыпкой составила – 5,7 $м^3$/час, а аналогичных скважин без гравийной обсыпки – 4,7 $м^3$/час.

Оборудование нагнетательных скважин гравийными фильтрами позволяют увеличить приемистость скважины на 20 %, удлинить срок службы скважины и повысить работоспособность раствороподъемных устройств, особенно погружных насосов.

Одновременно предусматривается гидроизоляция зон движения рабочих и продуктивных растворов после создания вокруг фильтра песчано-гравийной обсыпки путем заливки гидроизоляционного материала поверх слоя гравия. Диаметры скважин основного ствола при эксплуатационных колоннах из полиэтиленовых труб (110-210)х18 мм колеблется в пределах: 190-295 мм, диаметр фильтра может быть увеличен до 110-140 мм, что позволяет поддерживать более высокий дебит скважины. Затрубное пространство цементируется с помощью цементировочных узлов через заливочные трубки, опускаемые внутрь эксплуатационной колонны. Ра-циональный диаметр эксплуатационных колонн, составляющий ~ 70 мм, позволяет обеспечивать фактическую производительность скважины в пределах от 3 до 7 $м^3$/час и проводить работы по освоению и чистке скважины в процессе эксплуатации.

При проектируемых соотношениях на полигонах ПВ откачных и нагнетательных скважин в вариантах: 1:3; 1:4; 1:5 – значения производительности откачных скважин должны быть соответственно в 3,4,5 раз больше величин производительности нагнетательных скважин, что учтено при выборе типов и марок насосных комплексов.

Забуривание и рабочее бурение скважины до продуктивного горизонта осуществляется долотами диаметрами: 295, 346, 394 мм; бурение для вскрытия продуктивного горизонта осуществляется долотами диаметрами 190-243 мм.

Верхняя часть колонны сооружается из полиэтиленовых труб большего диаметра, обеспечивающих установку погружных насосов. Длина ее определяется, исходя из динамического уровня раствора в скважине, длины насоса, глубины его погружения ниже динамического уровня на 3-5 м с учетом дополнительного понижения уровня вследствие кольматации фильтра. Нижняя часть колонны выполняется из более прочных труб, изготавливаемых из нержавеющей стали, или из стеклопластика и соответствует диаметру устанавливаемого фильтра.

Повышение эффективности выполнения буровых работ возможно как за счет совершенствования их технологии, рационализации конструкции колонны, так и модернизации или замены буровой отечественной техники на более высокопроизводительную и надежную зарубежную.

Для нагнетательных и наблюдательных скважин, как показали исследования, можно создавать новую конструкцию, предусматриваемую для их обсадки: вместо полиэтиленовых труб применять более дешевые армированные полипропиленовые шланги типа ШАПП.

Замена полиэтиленовых труб в этих типах скважин на шланги позволит:

- сократить стоимость горно-подготовительных работ на полигонах ПВ;

- частично высвободить буровое и вспомогательное оборудование;

- задействовать обслуживающий персонал меньшей численностью

2. Многовариантные технико-экономические расчеты годовых эксплуатационных затрат и себестоимости бурения и оснащения скважин при использовании отечественной и зарубежной техники

Расчет затрат на буровые работы, обсадку и оснащение скважин выполнен применительно к их назначению, с распределением по отрабатываемым залежам рудного тела, годам строительства и эксплуатации, с учетом требуемых расчетных объемов бурения и количества сооружаемых скважин и резервного их запаса, удельных и полных расходов используемых материалов, энергоресурсов, ГСМ, ремонтных комплектов и существующих уровней цен на дату расчетов.

Рассмотрены варианты с использованием отечественного оборудования (I вар.) и импортного, производимого корпорацией «INGERSOLL-RAND» (США), бурового оборудования (II вар.) на год выхода предприятия на проектную мощность. В калькуляциях учтены основные (прямые) и дополнительные затраты по всем расходным статьям, в т.ч.:

- содержание и ремонт бурового оборудования, включая капитальный;

- цеховые расходы;

- гидрогеологические и геофизические исследования;

- эксплуатация и ремонт вспомогательного оборудования для сооружения скважин;

- монтаж, наладка, запуск оборудования в эксплуатацию; обучение персонала (при применении импортного оборудования).

Величины годовых эксплуатационных затрат на бурение и обсадку скважин и себестоимости бурения и оснащения 1 п.м. скважины при использовании отечественной и импортной буровой техники указаны в табл. 1.

3. Сопоставление, анализ, оценка технико-экономических показателей использования буровых станков российского и импортного производства

Себестоимость буровых работ в год выхода предприятия на проектную производительность в варианте с отечественным оборудованием составляет: 2156,9 руб/пм., (75,7 долл/п.м.); с импортным: 1985,3 руб/пм, (69,7 долл./пм).

Размер годовой экономии при использовании импортных буровых станков T4W/1250 составляет 10279,5 тыс.руб./год, т.е. годовые эксплуатационные затраты при этом варианте снижаются на ~ 8 %, а себестоимость сооружения 1 пм скважины уменьшается на 6 долл. США.

Затраты на приобретение оборудования составляют следующие величины: на год полного развития при обеспечении расчетных объемов бурения – 59,9 тыс.пм/год требуется 11 станков «ЗИФ-650» суммарной сметной стоимостью – 13310 тыс. руб (1 в.) или 2 станка T4w/1250 общей сметной стоимостью – 57000 тыс.руб.

Имеющаяся разность капитальных затрат на приобретение импортного оборудования – 43690 тыс. руб. за счет получаемой при его использовании годовой экономии – 10279,5 окупится за 4,3 года, а в целом затраты на его закупку – за 5,5 года.

С учетом большой производительности импортных буровых станков, превышающей отечественные ~ в 6 раз,

высокой надежности агрегатов и сборочных узлов – показателей ресурсов двига-

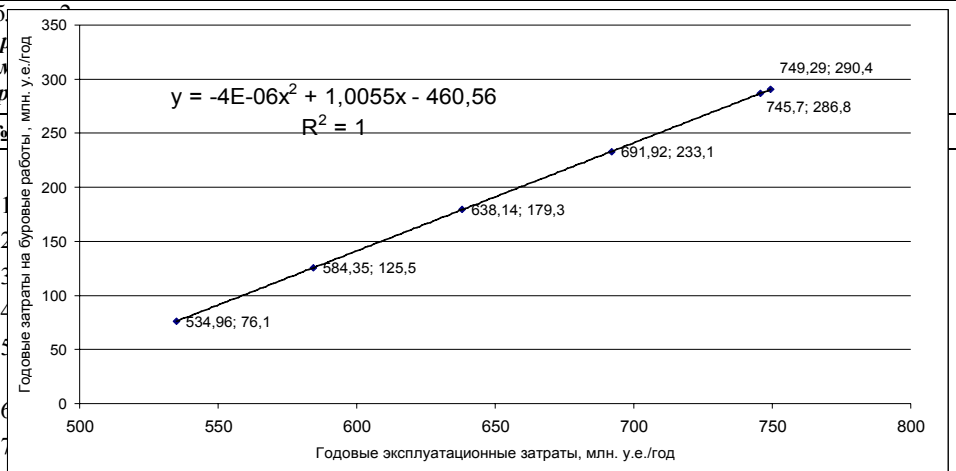

Рис. 1 Функционально-аналитическая и количественная зависимость годовых эксплуатационных затрат от затрат на буровые работы (по вариантам подрядчиков) для предприятия ПВ ОАО "Хиагда"

теля до капитального ремонта или замены (15 тыс. моточасов), долговечности – от 20 до 23 лет обоснованно подтверждается предпочтительность их выбора и применения в ОАО «Хиагда» при условии полного выполнения обслуживающим персоналом всех нормативных требований при их эксплуатации, техническом обслуживании и ремонтно-восстановительном обеспечении.

Исходя из полученных оценок, переход на импортное буровое оборудование (станки T4W производства США) и его эксплуатация в период отработки запасов месторождения позволит существенно снизить затраты на бурение и оснащение скважин.

4. Определение удельного веса и зависимости годовых эксплуатационных затрат и себестоимости буровых работ от годовых эксплуа-тационных затрат и полной себестоимости выпуска продукции на предприятии ПВ

В процессе технико-экономического анализа для определения характера влияния и степени зависимости годовых эксплуатационных затрат и себестоимости добычи и получения металла способом ПВ от годовых затрат и себестоимости буровых работ посредством сравнения калькуляций затрат по договорам, представленным группой организаций-подрядчиков, определены гра-фо-аналитические кривые и количественные зависимости. Они позволили установить относительный удельный вес затрат на бурение скважин в годовых эксплуатационных затратах и в себестоимости, достигающей 30 % , что свидетельствует, в силу их весомости, об особой значимости буровых работ в технологическом цикле ПВ (см. табл. 2, рис. 1, 2).

Следует отметить, что в калькуляциях на бурение, обсадку и оснащение скважин, разрабатываемых автором, не включаются излишние, не свойственные непосредственно буровым работам накладные расходы и высокие плановые накопления, которые не подтверждаются руководящими документами и носят коммерческий характер, их величина сугубо зависит от воли и фантазии конкретного подрядчика.

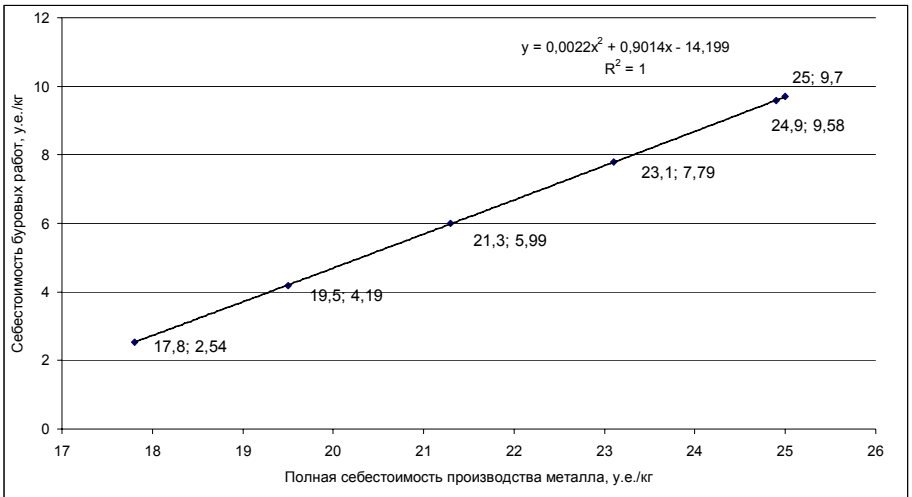

Рис. 2. Функционально-аналитическая и количественная зависимость полной себестоиомсти производства металла от величин себестоимости буровых работ по вариантам подрядчиков для предприятия ПВ ОАО "Хиагда"

5. Выбор и обоснование применения эффективных высоконадеж-ных насосных комплексов для добычи продуктивных растворов

Выбор и обоснование раствороподъемных средств и корректировка конструкций скважин осуществляется для каждого конкретного участка месторождения в соответствии с условиями, факторами и решениями, указанными выше в п. 1.

Для добычи по сооруженным скважинам продуктивных растворов как наиболее оптимальные по производительности раствороподъемные средства в конкретных гидрогеологических условиях рассматриваемого месторождения при расчетных значениях производительности для нагнетательных скважин – 2 м^3/час, для откачных - 4÷6 м^3/час. определены погружные химические насосы типа ЭЦНК-4-6-80 и ЭЦНК-33-15-200П, выпускаемые Лермонтовским электромеханическим заводом (Россия).

Для обеспечения производительности закачных скважин – 3-4 м^3/час, а откачных 10-12 м^3/час предусматривается применение более высокопроизводительных насосов, требующих дополнительного расширения верхней части откачных скважин.

Моторесурс рассматриваемых отечественных погружных насосов до первого ремонта составляет – 8000 час.; при заданном режиме работы полигона: 8160 час. в год коэффициент использования откачных скважин – 0,98.

Общий срок службы насосов с учетом замены зап.частей при проведении ремонтов ~ 2 года.

При расчетном сроке работы скважин, составляющем: от 4-х до 6-ти лет, на каждой откачной скважине должна предусматриваться 2-3^x - кратная замена погружных насосов, что влечет за собой значительное повышение эксплуатационных расходов и обуславливает дополнительный поиск и применение других, более высокостойких и надежных насосов.

В результате аналитического поиска предпочтение было отдано насосам, выпускаемым фирмой «GRUNDFOS» (Германия), превосходящим отечественные по показателям надежности, стойкости и долговечности.

Помимо погружных насосов и эл.двигателей, в состав отечественных и зарубежных насосных комплексов включаются: аппаратура управления; кабельная продукция; заливные муфты - стоимость которых резко отличается в зависимости от предприятий-изготови-телей стран их производителей и влияет на величину эксплуатационных затрат.

Технико-экономический анализ эффективности использования отечественных и зарубежных комплексов для добычи и транспортировки продуктивных растворов в сложных горно-гео-логических и природно-климатических условиях Хиагдинского месторождения позволяет сделать следующие выводы:

- замена отечественных погружных насосов импортными аналогами значительно удлиняет срок их службы, что существенно снижает годовые эксплуатационные затраты;

- однако, при применении зарубежных насосных комплексов взамен отечественных значительно возрастают капитальные затраты на их приобретение, доставку и монтаж.

С целью их снижения автором обоснованно заменены на отечественные следующие структурно-технические составляющие импортных насосных комплексов, в т.ч.:

- станции управления «Сатурн» (Россия) вместо шкафов управления и защиты «SPCU» (Германия);

- кабельная продукция: кабель ВПВ-4 (1х4) (Россия) взамен тефлонового кабеля 4х2,5 мм^2 (Германия);

- муфта заливная (Россия) взамен муфты заливной МО (Германия)

Анализ состава и определение стоимости выбранных и замененных комплектующих насосных агрегатов и аппаратуры их управления приведены в табл. 3.

Реализация на практике всех рассмотренных вариантов замены комплектующих позволяет:

- увеличить надежностные показатели насосных агрегатов: наработка на отказ, ресурс до замены и др.;

- сохранить эксплуатационные показатели оборудования: производитель-ность, напор;

- многократно снизить капитальные вложения на их приобретение, доставку и монтаж, в т.ч. по комплектующим: аппаратура управления погружными насосами - ~ в 3 раза, кабельная продукция ~ в 318 раз.

Выводы

На основании результатов рассмотренной работы с необходимой и достаточной степенью обоснованности представляется возможным сделать выводы применительно к условиям Хаигдинского и других месторождений, располагаемых в регионах с суровыми природно-климатическими условиями и характеризующихся сложными горно-геоло-гическими факторами: (участки вечной мерзлоты, многометровые толщи твердых базальтовых пород и др.):

1. Для обеспечения годовой производительности – 1000 т металла/год рассчитаны объемы буровых работ ~ 59900 пм/год, установлены типы и количество сооружаемых скважин различного назначения, определены типы, количество и капитальные вложения на приобретение и доставку буровых установок и разработаны калькуляции годовых эксплуатационных затрат на бурение и оснащение скважин в соответствии с разработанными конструкциями обсадных колонн, типом и профилем скважин, выбором и оценкой в стоимостных показателях типов и количества вспомогательного и обслуживающего оборудования, материалов, ресурсов и трудозатрат по бурению и сооружению скважин.

2. Конструкции и крепление скважин разработаны в соответствии с из назначением. В качестве несущей конструкции

колонн в откачных (разгрузочных) скважинах верхняя часть колонн изготавлива-

ется из полиэтиленовых труб различного диаметра, нижняя часть – из более прочных труб, изготавливаемых из нержавеющей стали или стеклопластика; для нагнетательных (закачных) и наблюдательных скважин допускается замена полиэтиленовых труб армированными полипропиленовыми шлангами типа ШАПП. Для технологических скважин предусматривается расширение прифильтровой зоны с гравийной обсыпкой и гидроизоляцией зон движения рабочих и продуктивных растворов, предотвращающих кольматацию и увеличивающих приемистость и производительность скважин на 20 %.

3. Бурение скважин для подземного выщелачивания металла в экстремальных горно-геологических и суровых природно-климатических условиях из запасов рассматриваемого Хиагдинского месторождения наиболее эффективно осуществлять импортными бурстанками T4W-1250 производства США, превосходящими отечественные аналоги: ЗИФ-650, ЗИФ-1200 по производительности ~ в 6 раз, по надежности и долговечности ~ в 3 раза. Возросшие капитальные затраты на их приобретение окупаются в приемлемый срок: 4,3-5,5 года.

4. Определен удельный вес затрат на бурение скважин в количестве ~ 16% в годовых эксплуатационных затратах и полной себестоимости получения металла способом ПВ и установлены графоаналитические и количественные зависимости годовых эксплуатационных затрат и полной себестоимости от соответствующих значений затрат на сооружение скважин.

5. Для добычи продуктивных растворов в качестве наиболее эффективных выбраны и обоснованы по критериям эксплуатационной надежности и долговечности погружные насосы в соответствии с требуемым напором и производительностью производства фирмы GRUNDFOS (Германия)

6. С целью снижения капитальных и эксплуатационных затрат на добычу продуктивных растворов экономически обоснована и осуществлена замена импортной дорогостоящей аппаратуры автоматизированного управления работой насосных комплексов, кабельной продукции и заливных муфт на более экономичные отечественные их аналоги.

Коротко об авторах

Зыков С.Г. – горный инженер, ФГУП «ВНИПИпромтехнологии».