

УДК 622.272

**А.А. Изотов, В.А. Белин, Ю.В. Пономаренко,  
И.А. Тимошков**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ  
ВОССТАЮЩИХ ДРЕНАЖНЫХ СКВАЖИН  
НА ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

---

**В** настоящее время системы восстающих дренажных скважин, закладываемые из подземных горных выработок, получили полное признание и широко применяются при освоении глубокозалегающих месторождений и глубоких горизонтов на крупных горнодобывающих предприятиях.

Строительство дренажных систем на начальных стадиях освоения новых месторождений, когда напоры подземных вод в продуктивных пластах и вмещающих породах еще не снижены, представляет собой наиболее ответственную и далеко небезопасную стадию. На данном этапе горных работ задача по обеспечению безаварийного бурения восстающих скважин и вскрытия высоконапорных водоносных горизонтов приобретает приоритетное значение.

Теоретические исследования и масштабные опытно-промышленные исследования позволили разработать методику решения поставленной задачи, основное положение которой состояло в разложении процесса бурения на отдельные последовательно выполняемые и технически обеспеченные операции. Установленная та-

ким образом общая последовательность операций была представлена в следующем виде:

- анализ и обобщение особенностей гидрогеологических условий перспективных месторождений и предприятий, где применение систем восстающих дренажных скважин было необходимым и эффективным;
- расчет обвязки устья скважины, обеспечивающей безопасное вскрытие основного водоносного горизонта и предотвращения самопроизвольного поступления в горную выработку напорных вод и дезинтегрированных горных пород;
- расчет параметров перемычки, отделяющей дренируемый горизонт от забоя восстающей скважиной;
- расчет бурового насоса на давление, обеспечивающее вскрытие дренируемого пласта с естественным напором подземных вод;
- выбор или разработка скважинных фильтров, обеспечивающих прием и пропуск дренажных вод, а также предотвращающих суффозионный вынос песков или других рыхлых пород;
- разработка эффективной конструкции скважины, наиболее полно

учитывающей геолого-гидрогеологические условия района бурения;

- разработка режима освоения и эксплуатации сооруженной скважины.

На начальном этапе бурения для каждой скважины должны быть определены длина и диаметр кондуктора, расчет которых сводится к недопущению страгивания зацементированного кондуктора от суммарного воздействия веса бурильной (или фильтровой) колонны, удерживаемой им, и созданным напором пластовых вод. При этом должно соблюдаться условие  $k\tau_{сдв.} \leq [\tau_{сдв.}]$ , где  $[\tau_{сдв.}]$  – допустимое сопротивление сдвигу между тампонажным камнем со стенкой кондуктора и тампонажным камнем с горным массивом при коэффициенте запаса  $k=3\div 4 \text{ Н/м}^2$ .

В общем случае длина кондуктора  $\ell$  при цементации затрубного пространства определяется из выражения:

$$\ell = \frac{gL + 0,785h(D_{вн}^2 - D_{бс}^2)}{\pi D_{вн} \tau_{сдв}}, \quad (1)$$

в котором

$$\tau_{сдв} = \frac{G_{бс} + G_{вс}}{S_{б}}, \quad (2)$$

где  $G_{бс}$  – вес бурового снаряда, Н;  $G_{вс}$  – гидростатическое давление пластовых вод на основание кондуктора;  $S_{б}$  – площадь боковой поверхности кондуктора,  $\text{м}^2$ ;  $g$  – вес 1 п.м. бурового снаряда, Н;  $L$  – длина бурового снаряда, м;  $h$  – напор водяного столба подземных вод,  $\text{Н/м}^2$ ;  $D_{вн.}$  – внешний диаметр кондуктора, м;  $D_{бс}$  – диаметр буровых штанг или бурильных труб, м.

При малых зазорах и невысоких гидростатических напорах часто применяют взрывной метод расклинивания кондуктора в скважине путем взрыва детонирующего шнура. В этих

случаях длина кондуктора принимается на практике равной 1,5-2,0 м.

Герметизатор на устье скважины необходимо рассчитывать из условий прочности болтовых соединений на фланцах при воздействии на них полного веса бурового снаряда  $G$  и напора столба воды  $G_{вс}$ .

При высоких напорах подземных вод превышающих 200-300 м, кондуктор и герметизатор устья каждой скважины подвергают гидравлическим испытаниям на страгивание и прочность резьбовых соединений под давлениями, превышающими пластовые на 25-30 %.

После определения расчетного осевого усилия на буровое долото необходимо внести поправку, учитывающую влияние собственного веса бурового инструмента. Так, осевое давление на долото должно быть равно:

$$P_{ос} = kD, \quad (3)$$

где  $k = 12\div 13 \text{ кН}$  на 1 см диаметра долота;  $D$  – диаметр долота, см.

Осевое усилие в любой точке  $P_{ос.факт}$  при бурении восстающей скважины будет определяться выражением

$$P_{ос.факт} = kD + gL_{н} \quad (4)$$

При подборе давления промывочного насоса необходимо учитывать, помимо гидравлических сопротивлений возникающих в циркуляционной системе, что давление нагнетания должно увеличиваться пропорционально глубине скважины  $L_{скв}$  на величину

$$\Delta P_1 = \gamma_{пс} \cdot L_{скв}, \text{ Н/м}^2, \quad (5)$$

где  $\gamma_{пс}$  – удельная плотность промывочной жидкости в  $\text{Н/м}^3$ .

При вскрытии дренируемого водоносного горизонта подачу промывочной жидкости к долоту можно обеспечить, только преодолев гидростатическое давление пластовой воды равное:

$$\Delta P_2 = \gamma_B H, \quad (6)$$

где  $H$  – гидростатическое давление (напор) пластовой воды, м.вод.столба;  $\gamma_B$  – плотность пластовой воды,  $\text{Н/м}^3$ .

По мере проходки скважины напор  $H$  будет уменьшаться на величину, равную вскрытой части дренируемого пласта, т.е. на величину  $\Delta P_3 = \gamma_B \cdot m_B$ ,  $\text{Н/м}^2$ , (7)

где  $m_B$  – вскрытая часть мощности водоносного пласта.

Полное давление на промывочном насосе будет выражаться  $P_{\text{нас.}} = P_{\text{ц.с.}} + \Delta P_1 + \Delta P_2 - \Delta P_3$ , (8)

где  $P_{\text{ц.с.}}$  – общее давление в циркуляционной системе,  $\text{Н/м}^2$ .  
Учитывая, что дренируемый пласт вскрывается на 3-5 м, при гидростатических напорах 100 и более метров, то величиной  $\Delta P_3$  можно пренебречь.

Бурение по описываемой технологии осуществляется до нижней границы перемычки, отделяющей забой скважины от подошвы водоносного горизонта.

Мощность породной перемычки, обеспечивающей безопасность замены буровой колонны на фильтровую, рассчитывается из условия  $P \leq \tau_{\text{сдв}}$ , т.е. сила  $P$  должна быть меньше сопротивления сдвигу  $\tau_{\text{сдв}}$  тела цилиндрической формы диаметром  $D_{\text{скв}}$ . Однако, учитывая ответственность предстоящей операции, на практике мощность перемычки принимается с 5-7 кратным запасом.

Учитывая, что достоверная информация о глубине залегания подошвы водоносного горизонта, как правило, отсутствует, величину мощности перемычки принимают равной 5-7 м. При хорошей изученности литологического состава пород разреза она может быть снижена до 3-5 м.

Наиболее ответственной операцией сооружений восстающих дренаж-

ных скважин является вскрытие водоносного горизонта, при котором должна быть обеспечена безопасность дальнейшего ведения буровых работ и исключен неуправляемый вынос песчаных фракций из дренируемого пласта. Эти требования достигаются с помощью специально разработанных герметизирующих устройств, позволяющих в процессе бурения управлять давлением промывочной жидкости в циркуляционной системе скважины, расходом промывки на устье и специальным буровым снарядом, включающим фильтровую колонну (3-7 м) на его забойной части, которая завершается породоразрушающим инструментом.

Вскрытию основного горизонта предшествуют извлечение бурового снаряда, применявшегося при бурении скважины до перемычки, и подача в готовую часть скважины компоновки бурового снаряда с фильтровой колонной. Разбуривание пород перемычки производят обычным способом, но с определенной осторожностью – при невысоких скоростях бурения, наблюдении за расходом промывочной жидкости и составом выносимого шлама.

После вскрытия водоносного пласта на 3-5 м, что достаточно для достижения необходимого дренажного эффекта, процесс бурения завершается. Теперь фильтровая колонна крепится к обвязке устья, оборудуется задвижкой, демонтируются и извлекаются пакер и пакерные трубы. По завершении этих операций переходят к прокачке скважины в режиме, рассчитанном на максимальную очистку прифильтровой зоны от мелких фракций в дренируемой породе, на формирование устойчивой прифильтровой зоны с высокой водопроницаемостью, которая позволит

обеспечить максимальный дебит скважины и исключить ее пескование. Из этих соображений бурение восстающих скважин осуществляется сплошным забоем с промывкой чистой водой. С этой же целью дебит скважины в период ее освоения принимается в 1,3-1,5 раза выше эксплуатационного.

В период эксплуатации дебит восстающих скважин выбирается из условия, что скорости и градиенты напора подземного потока к скважинам не будут превышать критических значений.

Для вычисления критических скоростей, а затем и критических значений градиентов напора могут использоваться известные решения С.К. Абрамова или С.В. Избаш – Л.И. Козловой. Для практических расчетов величины критических градиентов, применительно к пескам различного грансостава обычно принимаются следующие значения градиентов напора:

пески тонкозернистые  $I_{кр}=36 \div 11$ ;

пески мелкозернистые  $I_{кр}=11 \div 7$ ;

пески среднезернистые  $I_{кр}=7 \div 4$ .

Для реализации разработанной технологии сооружения восстающих дренажных скважин ФГУП ВИОГЕМ разработан и выпускается (под заказ) параметрический ряд буровых установок УПБ-1М, УДБ-8, УДБ-9, УДБ-12, УДБ-8-01 и УДБ-8-01М, ориентированных на широкий диапазон решения задач по осушению месторождений в различных горнотехниче-

ских условиях. Перечисленные буровые установки позволяют осуществлять бурение восстающих скважин практически в любых геолого-гидрогеологических условиях глубиной от 100 м (УПБ-1М) до 500 м (УДБ-8-01М).

Разработанная технологическая и техническая база создали предпосылки для широкого применения систем восстающих дренажных скважин из подземных горных выработок и в карьерах.

В настоящее время системы восстающих дренажных скважин построены, введены в эксплуатацию и продолжают развиваться на предприятиях России (Михайловский, Лебединский, Стойленский ГОКи и строящийся Яковлевский рудник в бассейне КМА), в странах СНГ (Запорожский железорудный комбинат № 1 в Украине), на Качарском и Донском ГОКах, на разрезе «Восточный» в Экибастузском угольном бассейне Казахстана, в странах дальнего зарубежья: на карьере Маанышанского меткомбината в Китае и на урановых рудниках ГАМР в Чехии (продана лицензия).

На сегодня на указанных объектах внедрения пробурено более 1300 восстающих скважин.

Суммарный годовой экономический эффект от внедрения разработанных технологий осушения месторождений системами восстающих дренажных скважин, их сооружения и технических средств в настоящее время превысил 1,3 млрд. рублей.

**ГИАБ**

### *Коротко об авторах*

Изотов А.А. – кандидат технических наук, ФГУП ВИОГЕМ,  
Белин В.А. – профессор Московский государственный горный университет,  
Пономаренко Ю.В. – кандидат технических наук, ФГУП ВИОГЕМ,  
Тимошков И.А. – кандидат технических наук, ФГУП ВИОГЕМ.

Статья представлена ФГУП ВИОГЕМ.

