

Р.В. Кудряшов, Н.Г. Малухин**РАЦИОНАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ
РАБОЧИХ ТРУБОПРОВОДОВ
В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ
ГИДРОДОБЫЧНОГО АГРЕГАТА
ПРИ СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧЕ**

Проведен анализ концентричной и эксцентричной конструкции и установлено, что сформировать затопленную струю с необходимой разрушающей способностью с концентричным расположением труб является задачей трудной. В связи с этим, предлагается использовать вариант эксцентричного размещения рабочих водоводов по поперечному сечению эксплуатационной скважины.

Ключевые слова: эрлифт, горная масса, воздуховод, гидромонитор, эксплуатационная скважина, пульповод.

Доставка достаточного количества воды на насадку гидромонитора для глубоких скважин сложная задача, т.к. в значительной степени возрастают потери на трение.

Согласно существующей схеме размещения оборудования и коммуникаций рудника «Гостишевский», потери напора рабочей воды по трубопроводу диаметром $D = 127$ мм (внутренний 109 мм) по поверхности от насосной эксплуатационной скважины на расстояние 250 м составят почти 109 м вод.ст. При движении напорной воды по такому же водоводу по скважине к насадке до глубины 750 м потери напора еще увеличатся на 327 м, что в сумме с поверхностными составят 437 м вод.ст. Таким образом, при подаче воды насосом на поверхности под напором 710 м, на насадке гидромонитора у забоя остается напор только 313 м ($710 - 437 = 313$ м). Изменить существующее положение при соосной концентричной конструкции гидродобычного агрегата достаточно сложно. Такая конструкция напорного водовода в проточной части напорной трубы эрлифта крайне неудачная по следующим причинам:

- из практики работы вертикального гидроподъема твердого известно, что при размещении по оси подъемного рабочего пульповода труб, в значительной степени увеличиваются гидравлические сопротивления;

- снаряд работает как единое целое и процесс всасывания работает неразрывно с процессом размыва, что существенно снижает эксплуатационные возможности;

- увеличение диаметра напорного водовода (например, с диаметра 127 мм до $D = 168$ мм) уменьшает эквивалентный диаметр подъемной трубы эрлифта, а, следовательно, и его производительность;

- увеличение диаметра водовода повышает усилия по изгибу ствола гидромонитора.

На руднике был использован вариант с концентричным (рис. 1) размещением рабочих коммуникаций по поперечному сечению эксплуатационной скважины.

Анализ концентричного расположения воздуховода, водовода и пульповода в скважине показал следующее.

Поперечное сечение воздуховода (кольцевая площадь между подъемной

трубой эрлифта и обсадной) несоизмеримо велико и в пересчете на эквивалентный диаметр соответствует величинам $D_{\text{экв}} = 208 - 298$ мм. Вместе с тем, проходное сечение водовода ($D = 127$ ($D_{\text{вн}} = 109$)), что недостаточно для пропуска $300 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды к гидромонитору под давлением 71 ат. Увеличение диаметра водовода (с целью снижения потерь напора на трение) с одной стороны уменьшит полезное поперечное сечение подъемной трубы эрлифта, а, с другой стороны, значительно увеличатся необходимые усилия при изгибе водовода.

Размывающая способность затопленной гидромониторной струи по мере ее распространения в массе окружающей жидкости, интенсивно снижается. Так при рабочих давлениях 70–100 ат. и диаметрах насадки 25–30 мм, на расстояниях 1–1,5 м от выхода из насадки, гидромониторная струя уже не может создавать разрушающих усилий на забое и процесс размыва прекращается. Нетрудно показать, для того, чтобы доставить такое количество энергии (воды в смеси с воздухом на глубину 750 м, даже без учета потерь напора по поверхности) на забой при скважинной обработке железосодержащих руд, необходимо преодолеть

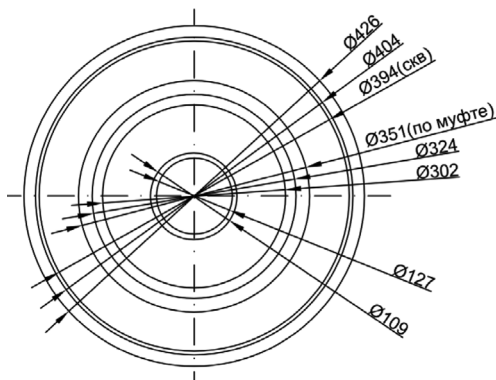


Рис. 1. Технологическая скважина № 1 (Ø426): водовод Ø127(109) мм, эрлифтная труба Ø324 ($D_{\text{экв}} = 274$) мм, воздуховод Ø426 ($D_{\text{экв}} = 241$) мм

значительные гидравлические сопротивления.

Расход воды, истекающей из насадки $d = 36$ мм при давлении 90 ат.

$$Q_{\text{ж}} = V \cdot \omega = \varphi \sqrt{2gH} \cdot 0,785 \cdot d^2$$

$$Q_{\text{ж}} = 0,95 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 900} \cdot$$

$$\cdot 0,785 (36 \cdot 10^{-3})^2 = 0,13 \text{ м}^3/\text{с} =$$

$$= 467 \text{ м}^3/\text{ч}$$

С учетом расхода воздуха ($Q_{\text{воз}} = 0,5Q_{\text{ж}}$), количество смеси, подаваемой к насадке гидромонитора равно

$$Q_{\text{см}} = Q_{\text{ж}} + Q_{\text{воз}} =$$

$$= 467 + \frac{0,5 \cdot 467}{75} = 470 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Скорость смеси по трубопроводу $D = 127$ ($D_{\text{вн}} = 109$) составит

$$V = \frac{470 / 3600}{0,109^2 \cdot 0,785} = 14 \text{ м/с}$$

А удельные потери составят $i = 0,994 \text{ м/м}$

Что для глубины 750 м равно

$$h_{\text{тр}} = 750 \cdot 0,994 = 746 \text{ м.вод.ст.}$$

Изменяя диаметр водовода ($D = 127$ мм) на больший – уменьшаются производительность эрлифта, а на меньший – резко возрастают потери на трение.

Таким образом, сформировать затопленную струю с необходимой разрушающей способностью с концентрическим расположением труб на значительных расстояниях от эксплуатационной скважины при больших глубинах разработки является задачей трудной, т.к. подать по системе труб (в стесненных условиях скважины) достаточное количество гидравлической энергии практически невозможно.

Исходя из этого, изыскание наиболее рационального способа приближения насадки гидромонитора к забою является наиболее перспективным направлением.

В связи с этим предлагается использовать вариант эксцентричного (рис. 2) размещения рабочих коммуникаций по поперечному сечению эксплуатационной скважины.

При размещении нескольких труб для водовода меньшего диаметра в межтрубном пространстве при эксцентричном расположении эрлифтной и обсадной труб, поможет разделить процессы размыва и всасывания горной массы, что позволит не только увеличить площадь проточной части, но и значительно снизит усилия, необходимые для изгиба ствола гидромонитора.

Потери напора по поверхности можно уменьшить за счет замены водовода $D = 127$ мм на больший диаметр, например $D = 168$, то изменение (увеличение) диаметра водовода по скважине при концентричной схеме расположения труб (рис. 1), достаточно сложно.

Поскольку уменьшается поперечное сечение подъемной трубы эрлифта с одной стороны, и значительно увеличиваются усилия на изгиб ствола гидромонитора.

Вместе с тем, при эксцентричном расположении труб в скважине, проблемы, как с потерями напора, так и управлением изгибом ствола гидромонитора практически не существует.

Вариантов размещения в межтрубном пространстве водовода, воздуховода и коммуникаций для управления процессом пульпоприготовления и

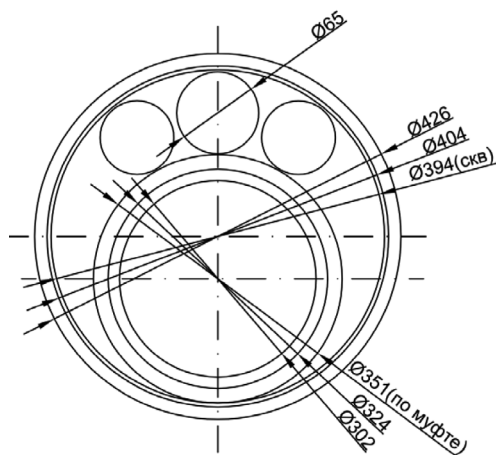


Рис. 2 технологическая скважина № 1

(Ø426): водовод $D_{\text{экв}} = \sqrt{2 \cdot 65^2} = 92$ мм, эрлифтная труба $D = 324(302)$ мм, воздуховод $D_{\text{экв}} = 65$ мм

всасывания, может быть несколько. Задача сводится к оценке издержек по бурению и оборудованию эксплуатационной скважины определенного диаметра, в сопоставлении с производительностью эрлифтного подъема по руде с учетом сохранившей мощности напорного водного потока у насадки.

Исходя из данных таблицы диаметр эрлифтной трубы при эксцентричном расположении труб можно использовать больше, чем при концентричном.

Причем эта разница становится более значительной при увеличении начального диаметра эксплуатационной скважины. А преимущества конструктивного, технического и технологического характера повышаются еще в

Эквивалентный диаметр эрлифтной трубы

Диаметр обсадной колонны, мм	Концентричное расположение труб	Эксцентричное расположение труб
324	$D_{\text{эрл}} = 119$	$D_{\text{эрл}} = 174$
	$D_{\text{эрл}} = 156$	$D_{\text{эрл}} = 201$
426	$D_{\text{эрл}} = 219$	$D_{\text{эрл}} = 253$
	$D_{\text{эрл}} = 246$	$D_{\text{эрл}} = 277$
	$D_{\text{эрл}} = 274$	$D_{\text{эрл}} = 302$

большей степени по сравнению с концентричным расположением труб, где основным сдерживающим фактором является водовод по оси гидродобычного агрегата $D = 127$ мм.

Следует заметить, что если диаметр водовода по поверхности можно изменить (как для скважин с концентричным, так и эксцентричным расположением труб), то по скважине, диаметр $D = 127$ ($D_{\text{вн}} = 109$) является неизменным для концентричного расположения трубных коммуникаций в эксплуатационной скважине.

Эксцентричное расположение труб позволяет значительно уменьшить гидравлическое сопротивление по скважине, т.к. поперечным сечением проточной части можно управлять. Так использование для водовода 2-х труб $\varnothing 89(81)$ и одной $\varnothing 73(65)$, потери по скважине глубиной 750 м могут снижены до 130 м вод. ст. При этом у

насадки гидромонитора рабочее давление составляет почти 60 ат. А сила реакции струи почти 900 кг при диаметре насадки $d_0 = 32$ мм.

Водовод, состоящий из трех труб $\varnothing 89(81)$ имеет эквивалентный диаметр $D_{\text{экв}} = 140$ мм, а потери напора по скважине составят

$$(h_{\text{тр}})_{\text{скв}} = 95 \text{ м вод. ст.}$$

Вместе с тем водовод из двух труб $\varnothing 89(81)$ с эквивалентным диаметром $D_{\text{экв}} = 115$ мм пропустит расход $300 \text{ м}^3/\text{ч}$ к рабочей насадке на глубину скважины 750 м с потерями напора

$$(h_{\text{тр}})_{\text{скв}} = 300 \text{ м вод. ст.}$$

Изменение (уменьшение, в частности) диаметра водовода приводит к существенному увеличению потерь напора на трение. А в некоторых случаях, эксплуатация скважины по технологии СГД становится неэффективной.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Кудряшов Руслан Валерьевич – аспирант,

Малухин Николай Григорьевич – доктор технических наук, профессор,

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, e-mail: office@mgri-rggru.ru.

UDC 622.234.5

RATIONAL PLACEMENT OF WORKING PIPELINES IN THE CROSS SECTION OF THE HYDROMINING UNIT AT HYDRAULIC BOREHOLE MINING

Kudryashov R.V.¹, Graduate Student,

Malukhin N.G.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,

Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze (MGRI-RSGPU), Moscow, Russia, e-mail: office@mgri-rggru.ru.

The analysis of concentric and eccentric designs was made and found that is a difficult task to form a submerged jet with the necessary breaking capacity and concentric pipes position. In this regard, it is proposed to use a variant of the eccentric placement of the working conduits at cross-section of production wells.

Key words: airlift, mined rock, air duct, hydro monitor, exploitation well, slurry pipeline.

