

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА ТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЯРЕГСКОГО ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрены вопросы эффективности трубопроводного транспорта твердеющих смесей для закладки выработанных пространств в условиях нефтетитанового месторождения. Разработана методика определения основных параметров трубопроводов для доставки твердеющих смесей к местам их укладки. Приведены схемы основных устройств и приспособлений для контроля за работой трубопроводов.

In clause questions of efficiency of pipeline transport of hardening mixes for a bookmark of the developed spaces for conditions of petrotitanic deposit are considered. The technique of definition of key parameters of pipelines is developed for delivery of hardening mixes to places of their stacking. Schemes of the basic devices and adaptations for the control over work of pipelines are resulted.

Объектом промышленной разработки Ярегского нефтетитанового месторождения является так называемая нижняя россыпь, которая состоит из трех согласно залегающих пластов различного строения. Мощность балансовых руд колеблется от 4 до 28,5 м, составляя в среднем 13,9 м. Водоприток незначителен, с вероятностью вскрытия высоконапорных вод по тектоническим трещинам. Общее строение рудоносной зоны месторождения достаточно подробно описано в работе [3].

Рудник относится к сверхкатегорийным по нефтегазопрооявлениям.

Средний объемный вес пород налегающей толщи $2 \cdot 10^{-2}$ МН/м³. Прочность на одноосное сжатие колеблется от 2 до 60 МПа, составляя в среднем 20 МПа. Коэффициенты крепости пород f находятся в диапазоне от 1 до 6.

Прочность образцов рудного песчаника в среднем составляет 9 МПа (диапазон изменения от 3 до 12 МПа). Угол падения залежи в северо-восточном направлении со-

ставляет 2-3°. Мощность руды в среднем $8 \pm 2,5$ м. Как кровля, так и рудное тело, имеют блочное строение и ярко выраженную горизонтальную слоистость внутри блоков и незначительное сцепление пород по контактам.

В ходе опытных работ по выемке запасов камерно-столбовой системой после отработки 80 м по длине камеры произошел вывал объемом 200 м³ (длиной 14 м и высотой 4,5 м). При отработке соседних камер вывалов не было, но разрушился ленточный целик, прорезанный выработками.

При выемке широких камер (6,5-7,5 м) сводчатой формы зафиксировано обрушение кровли после выемки нескольких слоев.

Опытные работы прошлых лет показали, что применение систем с управлением горным давлением за счет охранных целиков в условиях данного месторождения нецелесообразно. Единственной альтернативой в этих условиях является применение систем с твердеющей закладкой (ТЗ).

При отработке пологопадающих месторождений большой протяженности системами с ТЗ, к которым относится рассматриваемое месторождение, трубопроводный транспорт твердеющих смесей (ТС) является самым эффективным и экономичным. Необходимость применения трубопроводного транспорта обусловлена также требованиями его большой производительности, позволяющей обеспечить потребности горных работ. В практике ведения закладочных работ ТС применяются в основном два способа транспорта: самотечная транспортировка ТС за счет гидростатического напора, создаваемого столбом смеси в вертикальном стае труб, и самотечно-пневматическое транспортирование на большие расстояния.

При самотечном транспортировании твердеющей закладки предельная длина участка трубопровода определяется по формуле [2]

$$l_{\max} = K_3 H \left(\frac{\gamma}{10 \Delta p} - 1 \right) - 12n_1 - 6n_2,$$

где H – высота вертикального става, м; K_3 – коэффициент запаса высоты вертикального става, $K_3 = 0,7-0,8$; γ – объемный вес закладки, МН/м³; Δp – удельные потери напора, кг/(см²·м); n_1 и n_2 – число колен трубопровода с углами поворота 90 и 45°, эквивалентными по сопротивлению соответственно 12 и 6 м прямого трубопровода.

Дальность подачи твердеющей закладки самотечным способом обусловлена реологическими свойствами смеси, диаметром трубопровода, производительностью комплекса и определяется соотношением вертикального столба смеси и горизонтальной длины самотечного участка от 1 : 3 до 1 : 5.

Для рассматриваемых условий самотечный транспорт ТС, как показывает расчет, неприемлем, поскольку не превысит 350 м.

Для увеличения расстояния подачи ТС применяется пневмотранспорт смеси с установкой в конце самотечного участка пневмоэжектора. При этом скорость ТС

возрастает за счет движения отдельными порциями, разделенными воздушными промежутками.

Максимальная допустимая длина участка пневмотранспорта определяется из выражения

$$L_{\text{пн max}} = \frac{3600 d^2 P_{\text{сж}} V_{\text{пн}}}{1,276 \Delta p Q K_3},$$

где d – диаметр трубопровода, м; $P_{\text{сж}}$ – давление сжатого воздуха, атм.; $V_{\text{пн}}$ – скорость на участке пневмотранспорта, м/с; Q – производительность ЗК, м³/ч; K_3 – коэффициент запаса давления.

Для рассматриваемых условий длина участка пневмотранспорта составит 1000 м, что вместе с самотечным участком превысит 1200 м.

Диаметр трубопровода зависит от производительности ЗК и принятой скорости транспортировки смеси

$$d = \sqrt{\frac{Q}{900 \pi V}},$$

и для рассматриваемых условий составит 0,2 м при $Q = 60$ м³/ч и $V = 0,5$ м/с.

Диаметр трубопровода принимаем близким к стандартно выпускаемым трубам – 219 × 191 мм. Толщину стенки следует принять 14 мм для вертикальных ставов и 8 мм для горизонтальных участков. При глубине спуска до 200 м величина удельного износа составит около 1 мм толщины стенки на 115 тыс.м³ ТС.

Выбранный диаметр трубопровода при производительности 60 м³/ч имеет 20 % запаса, т.е. будет способен пропускать ТС более 70 м³/ч. Расстояние от вертикального става до пневмоэжектора не должно превышать значения

$$L_3 = l_{\max} - \frac{P_{\text{сж}}}{\Delta p}$$

и для рассматриваемых условий составит 150-180 м.

Надежная и безаварийная транспортировка ТС невозможна без оборудования закладочного трубопровода устройствами,

приборами контроля, телефонной и громкоговорящей связью. Поэтому необходимо проложить трубопроводы по почве горных выработок на специальных металлических опорах, у кровли или на высоте до 1 м от почвы. В последнем случае облегчается монтаж, демонтаж и обслуживание закладочного трубопровода.

При монтаже трубопроводов применяют бесфланцевое соединение труб или с помощью клиновых быстроразъемных фланцев наряду с обычным болтовым соединением. Наиболее рациональным при устройстве стационарных трубопроводов является обычное болтовое фланцевое соединение сварных секций труб длиной 40-50 м, обеспечивающее высокую надежность и простоту обслуживания даже при давлении до 40 Па.

Параллельно с закладочным укладывают трубопровод для подачи сжатого воздуха и водопроводную магистраль. Сжатый воздух через пневмоэжекторы подают в трубопровод при самотечно-пневматическом способе транспортировки смеси, вода, подаваемая под давлением до 40 Па необходима для промывки пульпопровода и ликвидации пробок. Сжатый воздух подают в магистраль транспортного трубопровода через пневмоэжекторы (форсунки) с отверстием от 12 до 50 мм, врезаемые под углом 15-30° к оси трубопровода (рис.1). С воздушной магистралью пневмоэжекторы соединяют резиновыми шлангами. Пневмоэжекторы устанавливают обычно в верхних точках периметра трубопровода, что предотвращает закупорку их твердеющей смесью в конце цикла ее транспортировки [1].

В транспортном трубопроводе возможны значительные кратковременные колебания давления смеси, вызываемые закупорками при нарушениях принятой технологии ее транспортировки. Это приводит к закупорке закладочной смесью арматуры пневмоэжекторов, а иногда и трубопроводов сжатого воздуха. Для предотвращения подобных явлений, наряду с принятием технологических мер, обеспе-

чивающих устойчивый режим транспортировки, пневмоэжекторы необходимо оборудовать обратными клапанами. Обычные обратные клапаны, успешно применяемые в системе вода – сжатый воздух, в закладочном хозяйстве непригодны. Ненадежность их работы вызвана попаданием твердых частиц в зазоры между деталями устройства и в предклапанные полости. При твердении закладочных смесей клапан обычно выходит из строя после первого же срабатывания.

При эксплуатации закладочных трубопроводов используют простейшие клапанные устройства (рис.1). Гибкая стальная пластина, футерованная резиной, обеспечивает нормальное поступление сжатого воздуха в закладочный трубопровод и надежно перекрывает устье пневмоэжектора, если давление закладочной смеси становится выше, чем давление сжатого воздуха в пневмоэжекторе. Аналогично работают обратные клапаны ниппельного типа. Основной недостаток указанных конструкций – небольшой срок работы компенсируется простотой их изготовления и обслуживания, надежностью в работе.

Наиболее надежным при закладочных работах является пружинно-диафрагменный обратный клапан конструкции Норильского горно-металлургического комбината (рис.2). Клапан надежно перекрывает доступ закладочной смеси в арматуру сжатого воздуха, прост в изготовлении. Если продолжительность срабатывания клапана не превышает срока схватывания закладочной смеси, клапан работает в автоматическом режиме.

Поскольку эксплуатация закладочного трубопровода немыслима без постоянного контроля за давлением закладочной смеси, то у вертикального става и в местах установки пневмоэжекторов монтируют манометрические станции, включающие циферблатные и дистанционные манометры.

Дополнительным указателем на необходимость временного прекращения работы

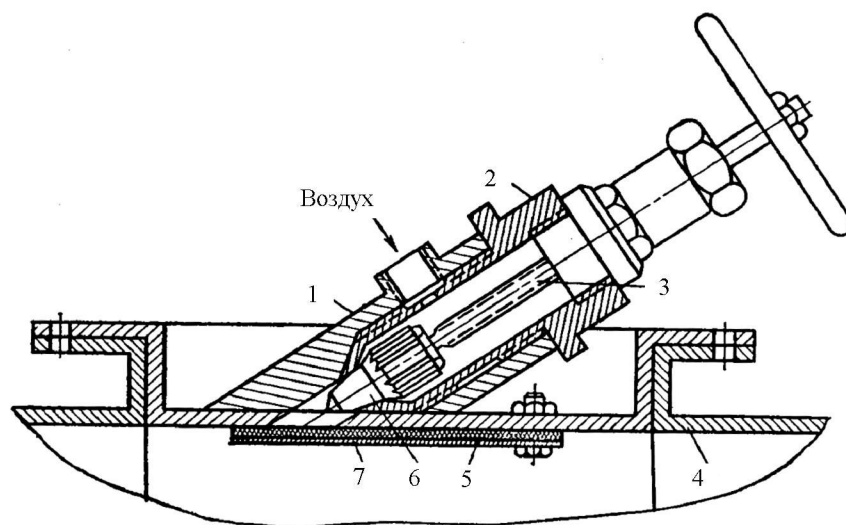


Рис. 1. Пневмоэжектор с обратным клапаном

1 – патрубок; 2 – корпус эжектора; 3 – шток; 4 – трубопровод; 5 – резина; 6 – запорное устройство; 7 – стальная пластина

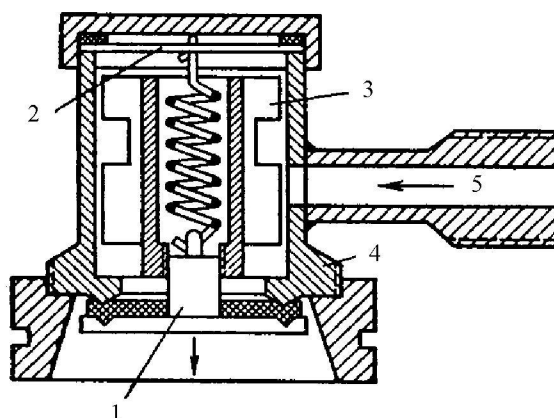


Рис. 2. Пружинно-диафрагменный обратный клапан

1 – диафрагменный клапан с пружиной; 2 – опорная пластина; 3 – втулка; 4 – корпус клапана; 5 – направление движения сжатого воздуха

является индикатор движения смеси (рис.3), установленный на конечном участке трубопровода. Прекращение движения смеси является свидетельством возможной закупорки трубопровода. Индикатор работает по следующей схеме. Между фланцами трубопровода 1 монтируют диэлектрическую шайбу-вкладыш 2, на радиально противоположных точках которой запрессованы токопроводящие контакты 3 с отводящими проводами 4, подключаемыми к измерительному прибору на пульте оператора.

Закладочная смесь, двигаясь по трубопроводу, замыкает своей массой противоположные контакты индикатора, сопротивление в цепи падает, и оператор может зарегистрировать отклонения от нормы времени прохождения порций или прекращение их движения.

Одной из наиболее важных и сложных операций является отвод промывочной воды из трубопровода от закладываемого слоя (камеры) после ежедневного завершения закладочных работ.

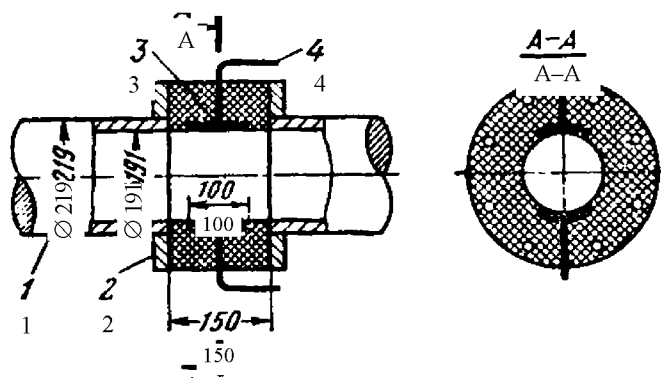


Рис.3. Схема устр. А для индикатора движения закладочной смеси

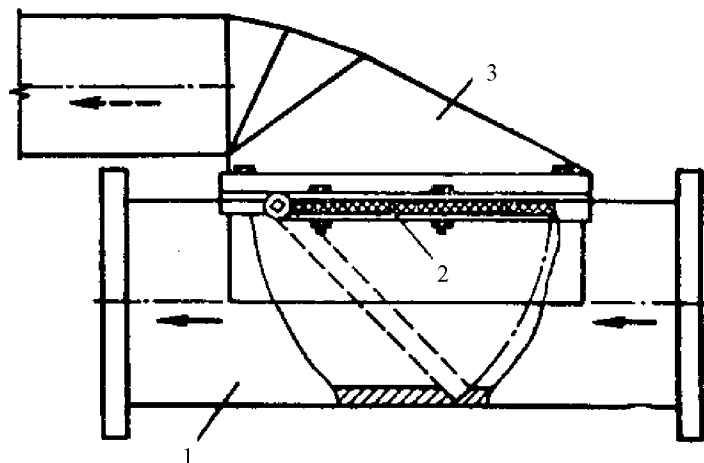


Рис.4. Схема водоотводящего устройства

Рациональными являются устройства, позволяющие в момент промывки трубопровода быстро изменить направление потока смеси у конца трубопровода и сбрасывать промывочную жидкость (обычно с остатками твердых фракций) в другую выработку. Одним из них является водоотводящее устройство, показанное на рис.4.

Во время движения смеси по закладочному трубопроводу 1 перекидной клапан-крышка 2 закрывает отверстие водоотводящего трубопровода 3. При необходимости переключить поток струи на отводящий трубопровод клапан переводится в положение, показанное на рис.4 пунктиром.

Для облегчения ликвидации возможных аварий, связанных с закупориванием закладочных трубопроводов, последние

обязательно оборудуют устройствами для сброса закладочной смеси из вертикального става (рис.5). Обычно устройство представляет собой клапан, закрывающий в рабочем положении отверстие в нижней точке колена бетоновода при переходе от вертикального става к горизонтальному. Привод клапана может быть ручным, пневматическим или электрическим. В последнем случае возможно дистанционное управление.

Горизонтальные участки трубопровода очищают от закладочной смеси либо водой, подаваемой под давлением в вертикальный став, либо посекционно с помощью специальных устройств (рис.6).

В последнем случае на горизонтальном участке трубопровода 1 устанавлива-

ют приспособления 2 для подачи воды или сжатого воздуха из водяной или воздушной магистрали 4, 5, которые присоединяют к трубопроводу резиновыми шлангами 3. В нижней части бетоновода расположены устройства для аварийного выпус-

ка закладочной смеси 6. Чем меньше расстояние между кранами, открывающими доступ воде и сжатому воздуху в закупоренный трубопровод, тем эффективнее устраняются «пробки». Обычно это расстояние не превышает 20 м.

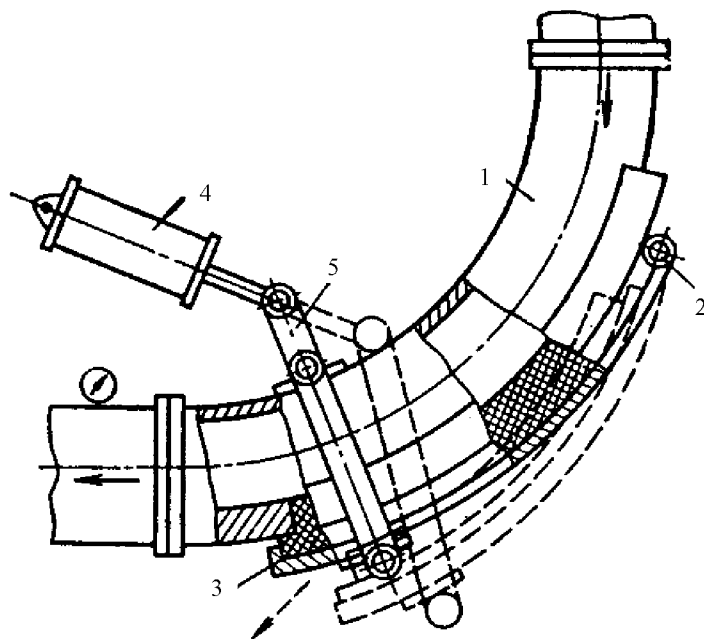


Рис.5. Схема устройства для аварийного сброса смеси из вертикального става закладочного трубопровода

1 – колено трубопровода; 2 – шарнир клапана; 3 – клапан; 4 – пневмопривод; 5 – тяги пневмопривода

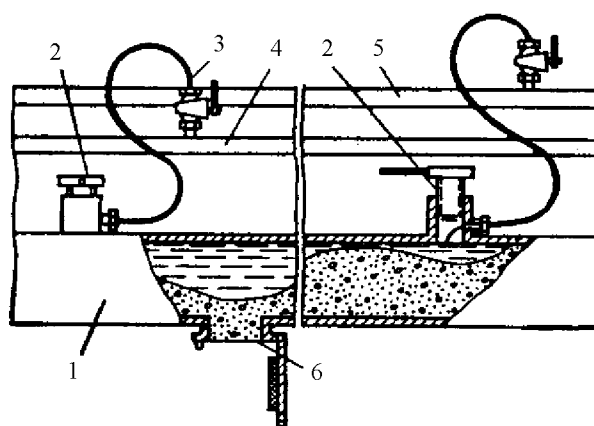


Рис.6. Схема расположения устройств для ликвидации закупорок в горизонтальной части закладочного трубопровода

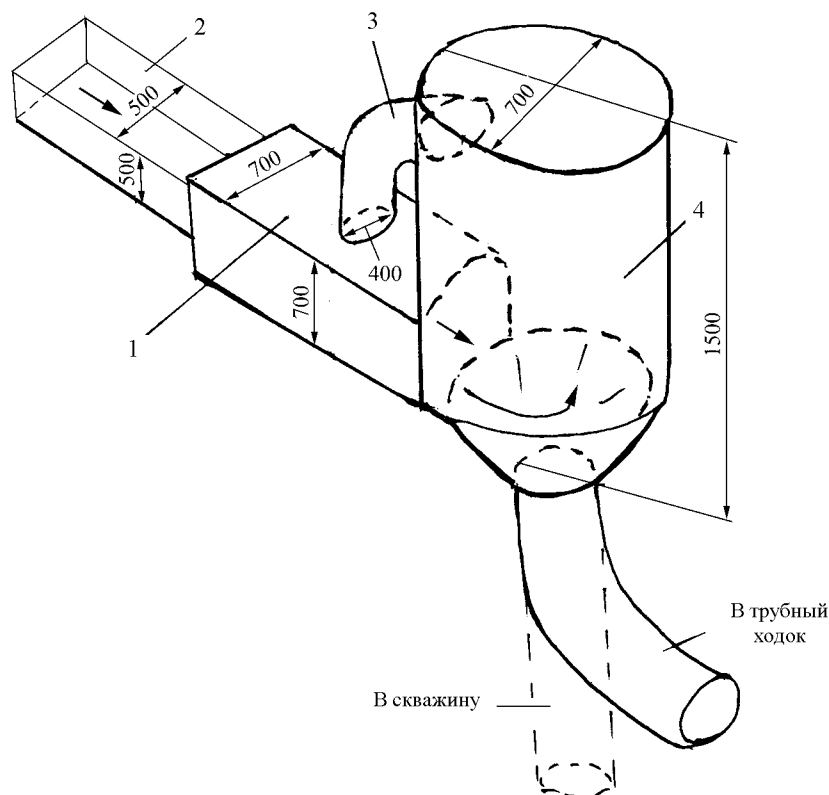


Рис. 7. Устройство для улавливания выбросов ТС из трубопровода

1 – накопитель ТС; 2 – лоток для ТС; 3 – аварийный сброс; 4 – компенсационно-расширительная камера

При больших расстояниях транспортирования ТС в начальный период подачи смеси в результате сжатия воздуха в трубопроводе происходят выбросы в здание комплекса. Для предотвращения этих ситуаций применяется устройство, показанное на рис. 7.

Описанные устройства обеспечивают надежную эксплуатацию и контроль за самотечной или самотечно-пневматической транспортировкой твердеющих смесей для рассматриваемых условий.

К сожалению, приведенные устройства не выпускаются промышленностью серийно и требуют проектно-конструк-

торской разработки и нестандартного изготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко В.Т. Эксплуатация закладочных трубопроводов на рудниках Талнахского месторождения / В.Т.Кравченко, В.П.Кравченко, Л.В.Малетин, Э.О.Штернбек // Цветная металлургия. 1973. № 19.
2. Кравченко В.Т. Методика оценки транспортабельности твердеющих закладочных смесей / В.Т.Кравченко, В.П.Кравченко, Э.О.Штернбек // Горный журнал. Известия вузов. 1970. № 9.
3. Палий В.Д. Рекомендации по горно-геомеханическим параметрам систем разработки при выемке запасов на опытном участке Ярегского месторождения титановых песчанников / В.Д.Палий, В.А.Смирнов, В.К.Пискарев; ВНИМИ. СПб, 1994.