

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛЕНИЯ УГЛЯ ОТ ГОРНОЙ МАССЫ ПРОХОДКИ ВЫРАБОТОК

Описано технологію відділення вугілля від гірської маси проходки виробок вугільних шахт. Приведено техніко-економічні перспективи реалізації даної технології з використанням вібраційної збагачувальної машини.

TECHNOLOGICAL PERSPECTIVES OF REALIZATION OF TECHNOLOGY OF COAL SEPARATION FROM MINED ROCK OF MINE WORKINGS

The technology of coal separation from mined rock of mine workings of collieries is described. The technological perspectives of realization of the given technology with usage of the vibrational enriching machine are adduced.

Раздельная выемка угля и породы при проходке горных выработок по пласту усложняет процесс проходки и не всегда технически возможна в полном объеме во всех проходческих забоях. При раздельной выемке расширяется парк вагонеток и электровозов, усложняется структура шахтного транспорта и организация транспортных потоков. Для снижения затрат на многих угольных шахтах горная масса проходки выработок доставляется на поверхность и, затем осуществляется ручная выборка крупных кусков угля при ее транспортировании в отвал. Мелкий и неотобранные крупные куски угля безвозвратно теряются в породных отвалах.

Для обеспечения добычи 3500-4000 т угля в сутки из 3-4-х лав, темпы проходки на шахте должны находиться на уровне 800-900 т горной массы. При этом содержание в породе угля на пологих пластах находится на уровне 20-30 % и зависит от принятой схемы вскрытия, устойчивости боковых пород и т.д. За счет углевыборки удается понизить содержание горючей массы до уровня 10-20 %. При этом годовой объем потерь угля составляет от 30 до 60 тыс. т. В денежном выражении при прейскурантной норме зольности рядового угля марки Гр, равной 33,3 % и цене 85,1 грн/т потери составляют от 3,8 до 7,6 млн. грн.

Для снижения потерь и высвобождения неквалифицированного труда углевыборщиков важно механизировать процесс выборки угля из горной массы проходки выработок на шахтных обогатительных установках. Эти установки должны отвечать следующим требованиям:

- малооперационность процессов подготовки и отделения угля;
- незначительные капитальные затраты на создание и низкая себестоимость обогащения при минимальном выходе жидких отходов (в случае гравитационного обогащения);
- эффективное извлечение угля при возможности регулирования качества товарной продукции в соответствии с направлениями ее использования.

В настоящее время основными конкурирующими направлениями обогащения углей остаются традиционные процессы мокрого обогащения: тяжелосреднее разделение; гидравлическая отсадка и флотация. На основе этих

процессов разработаны технологии повышения качества рядовых углей на шахтных установках предварительного отделения породы. Исходя из отечественного и зарубежного опыта работы таких установок, обогащению подлежит крупный рядовой уголь классов более 25 мм. Ограничение предела крупности связано с обязательным применением сухого подготовительного грохочения для разделения рядового угля на машинные классы. Для их обогащения применяется сухое обогащение в пневматических сепараторах или мокрое – в гидравлических аппаратах и тяжелосредных сепараторах.

Применение сухого обогащения имеет определенные недостатки: ограничения по верхнему пределу крупности; влажность рядового угля не более 5 %; взаимозасорение продуктов; необходимость функционирования пылеулавливающих устройств, для подачи, улавливания и очистки отработанного воздуха.

Мокрое обогащение в аппаратах типа КНС (крутонаклонные сепараторы) требует больших удельных расходов технологической воды (до 5,0 м³/т) и развитого водно-шламового хозяйства для улавливания, обработки и складирования шламовых продуктов. Точность разделения на сепараторах КНС находится на уровне 200 кг/м³. Кроме того, колебания качественно-количественного состава исходного продукта требует повышенного внимания к регулированию водного режима сепаратора.

Обогащение углей в тяжелосредных сепараторах наряду с достоинствами (высокая точность разделения – 50 кг/м³, потребление относительно незначительного количества воды для ополаскивания продуктов разделения – 50 м³/ч, нечувствительность к колебаниям нагрузки) имеет существенный недостаток – необходимость приготовления и постоянной регенерации разделительной среды. Магнетитовая суспензия для разделения частиц угля и породы приготавливается в соответствующих сборниках кондиционной и некондиционной суспензии и регенерируется в электромагнитных сепараторах типа ЭБМ.

При обогащении методом отсадки в вертикальном пульсирующем потоке воды знакопеременной скорости, также как и в аппаратах типа КНС расходуются значительные удельные объемы технологической воды (до 3,8 м³/т), что отрицательно влияет на технико-экономические показатели процесса.

Вышеуказанные обстоятельства, а также значительная стоимость тяжелосредных сепараторов и отсадочных машин, сложность их управления и поддержания наиболее эффективных режимов обогащения практически исключает использование приведенных методов обогащения углей для отделения угля от горной массы проходки выработок.

Специалистами фирмы «КГД Гумбольдт Ведаг» [1] создана отсадочная машина с подвижным решетом, предназначенная для отделения породы от рядового угля крупностью 40-400 мм в технологии без применения дорогостоящих обезвоживающих грохотов и аппаратов осветления оборотной воды. В этой машине разделение частиц рядового угля по плотности осуществляется на решетке со щелевыми отверстиями размером 15 мм, которое установлено на шарнирно закрепленный с одной стороны качающийся рычаг, совершающий возвратно-поступательные движения в емкости с водой. Рычаг приводится в действие от гидроцилиндра с карданной подвеской.

В отличие от известных отсадочных машин, машина с подвижным решетом работает без подачи подрешетной воды. Незначительное ее количество (до 2,5 м³/ч) расходуется для удаления из корпуса машины продуктов, прошедших через отсадочное решето в подрешетное пространство.

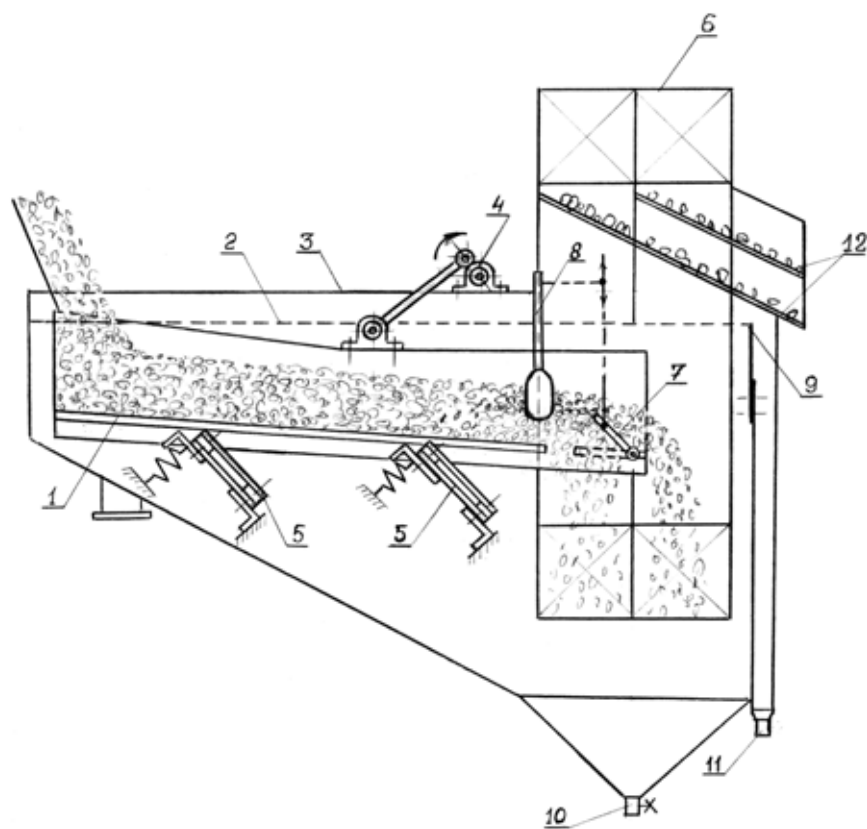
Установка отделения породы на машине с качающимся решетом работает с 1985 г. на шахте «Эмиль Майриш» и принесла значительный экономический эффект. С учетом благоприятных вспомогательных условий (не требуется очистка оборотной воды, небольшой удельный расход энергии и воды, незначительные расходы на дополнительное оборудование) отделение породы на отсадочной машине с подвижным решетом выдерживает экономическое сравнение с другими процессами того же назначения. Специалисты фирмы делают вывод о возможности установки отсадочной машины непосредственно в шахте.

В ИОТТ Россия разработана технология с использованием отсадочной машины с подвижным решетом для механизации породовыборки [2]. Расчеты выполненные для шахты «Воргашорская» показывают, что установка с двумя такими машинами для обогащения угля класса 25-300 мм обеспечивает снижение зольности отгружаемого сорта на 6,3 %. Срок окупаемости капитальных вложений составляет менее 3-х месяцев.

Учитывая вышеизложенное, наиболее перспективным для отделения угля от горной массы проходки выработок является процесс разделения частиц различной плотности в водной среде на подвижном решете.

В Институте геотехнической механики НАН Украины на протяжении ряда лет выполнялись научные исследования, направленные на создание высокоэффективных, экологически безопасных средств и технологий обогащения угля. В результате создана вибрационная машина для обогащения угля крупностью 0,5-150 мм, технико-экономические показатели работы которой полностью отвечают требованиям, предъявляемым к шахтным установкам для отделения угля от горной массы проходки выработок [3, 4]. Принципиальная схема такой вибрационной машины приведена на рис. 1. Разделение угля и породы происходит при вибротранспортировании горной массы на решете 1, совершающем двухкомпонентные направленные колебания в водной среде 2.

Колебания решета осуществляются от эксцентрикового вибровозбудителя 4 на упругих связях 5, установленных в корпусе 3 машины. В процессе вибротранспортирования под воздействием вибрационных и гидродинамических сил происходит разделение частиц различной плотности по высоте слоя горной массы на решете. Частицы меньшей плотности (угля) движутся кверху, а породы (большей плотности) – к низу слоя горной массы. Через определенное количество периодов колебаний решета процесс относительного перемещения «тяжелых» и «легких» частиц прекращается, и каждая из них занимает по высоте слоя материала определенное положение, соответствующее ее плотности. В дальнейшем при вибротранспортировании положение частиц в слое не изменяется.



1 – подвижное решето; 2 – водная среда; 3 – корпус вибрационной машины; 4 – эксцентриковый вибровозбудитель; 5 – упругие связи; 6 – колесный элеватор; 7 – затвор разгрузки породы; 8 – поплавковый датчик уровня; 9 – переливной порог; 10 – патрубок разгрузки подрешетного продукта; 11 – патрубок разгрузки шламовых вод; 12 – лотки разгрузки продуктов обогащения

Рис. 1 - Принципиальная схема вибрационной машины для обогащения угля

Процесс разделения частиц по плотности при их вибротранспортировании в водной среде по характеру силового взаимодействия близок к процессу разделения частиц методом отсадки в вертикальном пульсирующем потоке воды. Однако вибрационное разделение осуществляется в стоячей среде без подачи подрешетной и транспортной воды, что решает проблему потребления при обогащении отсадкой значительных удельных объемов технологической воды (до $3,8 \text{ м}^3/\text{т}$). Технологическая вода при вибрационном обогащении расходуется только для удаления мелких частиц горной массы прошедших через решето. Кроме того, вибрационное расслоение осуществляется под воздействием вибрационных сил, влияние которых способствует интенсификации процесса разделения.

При достижении затвора 7, легкий продукт (уголь), транспортируясь по породному слою, разгружается в угольную часть колесного элеватора 6, а тяжелый (порода) через щель затвора в породную его часть. Выгрузка продуктов из машины производится колесным элеватором, размеры и скорость вращения которого обеспечивают достаточное обезвоживание продуктов при подъеме.

Для приемки только частиц породы степень раскрытия щели затвора 7 регулируется при помощи поплавкового датчика уровня 8. Во избежание ошибочной разгрузки продуктов во время пуска машины и при промывке предусмотрена переключающаяся задвижка в породном лотке 12 разгрузки продуктов обогащения.

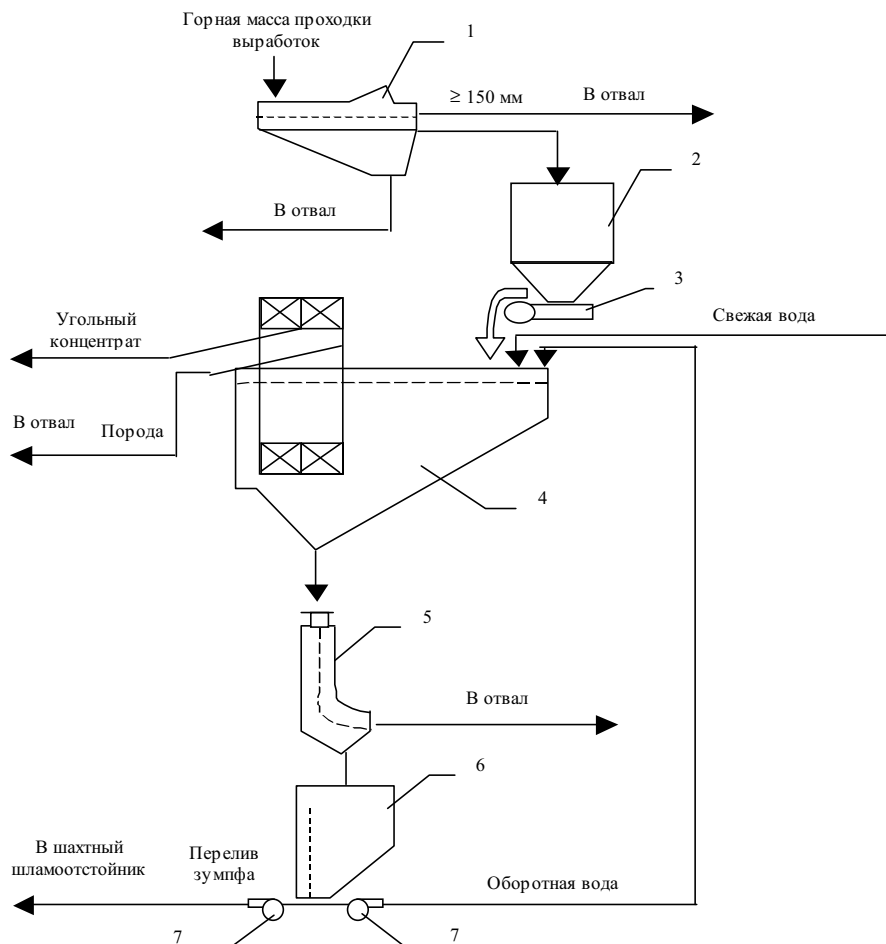
Регулирование производительности и эффективности разделения осуществляются путем изменения параметров режима колебаний решета и степени раскрытия разгрузочной щели затвора 7.

В отличие от обогащения в отсадочных машинах с неподвижным решетом, вибрационный процесс осуществляется в стоячей среде разделения без создания принудительных пульсаций и подачи подрешетной и транспортной воды. Технологическая вода расходуется через патрубок 10 и переливной порог 9 для удаления мелких частиц прошедших через решето и шламов через переливной порог 9. Благодаря этому достигается непрерывная разгрузка мелких частиц собирающихся в подрешетном и надрешетном пространстве и допустимая их концентрация в корпусе машины. В соответствии с расходом регулируется количество подаваемой в процесс свежей воды.

Проведены исследования процесса разделения углей марок Гр и ДГр на экспериментальном устройстве с вибрирующем в водной среде решетом. Результаты исследований подтвердили высокую эффективность процесса. Так, эффективность разделения фракций угля 1,0-100 мм, плотностью $\rho < 1500 \text{ кг/м}^3$ при зольности исходного продукта до 60 % и удельной производительности процесса до $20 \text{ т/ч} \cdot \text{м}^2$ достигала более 90 % при засорении фракцией плотностью $\rho \geq 1500 \text{ кг/м}^3$ менее 10 %. При этом удельный расход воды для удаления из корпуса устройства частиц материала менее 1,0 мм (эффективность грохочения фракции 1,0-100 мм составляла 86-88 %), прошедших через решето не превышал $0,02 \text{ м}^3$ на тонну исходной горной массы, что в 100-200 раз меньше норм расходования технологической воды при обогащении углей методом отсадки в пульсирующем потоке жидкости.

Интенсивность разделения зависит от параметров режима колебаний решета, степени разности плотностей разделяемых частиц, толщины слоя материала на решете и конструкции элементов его грузонесущей поверхности. При толщине слоя горной массы на решете равной 300 мм и рациональных параметрах режима колебаний средняя скорость разделения частиц угля и породы изменяется в диапазоне 4,6-6,2 мм/с.

На рис. 2 представлена принципиальная схема технологического процесса отделения угля от горной массы проходки выработок.



1 – вибрационный грохот ГИСЛ-62; 2 – бункер; 3 – питатель; 4 – вибрационная машина для отделения угля; 5 – дуговое сито; 6 – зумпф; 7 – шламовые насосы

Рис. 2 - Принципиальная схема технологического процесса отделения угля от горной массы проходки выработок

Горная масса поступает на вибрационный грохот типа ГИСЛ-62 для отделения крупных кусков и мелких частиц от массы перерабатываемого материала. Отделение кусков крупностью более 150 мм связано с ограничением крупности материала подаваемого в вибрационную машину. Крупные куски угля не прошедшие через верхнее сито грохота удаляются из горной массы путем углевыборки.

Ограничение нижнего предела крупности обогащаемой фракции связано с обязательным применением сухого подготовительного грохочения при разделении материала на машинные классы крупности без забивания влажным продуктом ячеек сита грохота. Исключение мелких частиц позволяет не вовлекать в процесс труднообогащаемые фракции, переработка которых связана со значительными затратами на обезвоживании продуктов разделения и обесшламливания жидких отходов.

Для снижения нижней границы крупности, грохочение можно осуществлять на просеивающих поверхностях, набранных из резиновых ленточно-струнных элементов типа РЛСС (разработчик ИГТМ НАН Украины). Просеивающие по-

верхности из таких элементов за счет дополнительной подвижности лучше освобождаются от налипшей горной массы, отличаются низкой забиваемостью ячеек сита и позволяют осуществлять грохочение по сухому при влажности рядовых углей ДГ и Г до 10-12 % по классу крупности минус 4,5; 7,2 и 8,8 мм на ситах с ячейкой соответственно 5,0; 8,0 и 10 мм [5].

Машинный класс крупности с нижнего сита грохота поступает в накопительный бункер 2, а из бункера при помощи питателя 3 подается в вибрационную машину 4 для отделения угля. Полученные в результате обогащения порода после выгрузки из машины направляется в отвал, а легкий продукт, состоящий из угольной и промпродуктовой фракций – на склад готовой продукции.

Подрешетный продукт разделения и шламовые воды разгружаются из машины на дуговое сито 5 со щелевидными отверстиями 0,5 мм для обезвоживания. Частицы крупностью более 0,5 мм с сита поступают в отвал, а шламовые воды – в зумпф 6 и насосом 7 подаются обратно в машину. Перелив зумпфа отводится в шахтный отстойник. Для пополнения воды уходящей в отстойник в корпус машины подается свежая вода.

Конструкция применяемого в разработанной технологии оборудования позволяет разместить его с горизонтальной схемой расстановки на открытой площадке (при сезонной работе) или в зданиях облегченного модульного типа без межэтажных перекрытий, с обустройством автономных фундаментов под каждую единицу оборудования.

При плановой переработке 800 т горной массы проходки выработок в сутки с содержанием до 60 % машинного класса крупностью 10-150 мм и 30 % угля, на выходе будут получены следующие продукты обогащения: 132 т угольного концентрата 10-150 мм зольностью до 9,0 % и влажностью до 8,0 %; 347 т породы зольностью до 95 %; 9,28 м³ жидких отходов с содержанием твердого 90 г/л. При этом для пополнения воды, уходящей с продуктами обогащения в корпус машины подается 9,6 м³ свежей воды и возвращается 4,64 м³ оборотной воды с содержанием твердого 103 г/л.

При переработке 24000 т горной массы в месяц будет получено 3960 т угольного концентрата, реализация которого по цене 180 грн/т позволит получить доход в сумме 712,8 тыс. грн.

В таблице 1 приведены затраты на приобретение оборудования для реализации технологии отделения угля из горной массы проходки выработок.

Таблица 1 - Стоимость оборудования для технологии отделения угля из горной массы проходки выработок

Технологический процесс	Применяемое оборудование	Кол-во единиц	Цена, тыс. грн	Сумма, тыс. грн
Классификация	Грохот ГИСЛ-62	1	70	70
Подача горной массы в вибрационную машину для обогащения	Бункер-питатель	1	30	30
Отделение угля от горной массы	Вибрационная машина	1	200	200
Обезвоживание жидких отходов	Дуговое сито	1	20	20
Транспортирование горной массы и твердых продуктов обогащения	Конвейеры скребковые и ленточные	5	20	100
Транспортирование шламовых вод и оборотной воды	Зумпф с насосными установками	1	30	30
Итого:				450

Плановые затраты на строительно-монтажные и пуско-наладочные работы (при обустройстве на открытой площадке) не превысят 50 % от стоимости оборудования, что составляет 225 тыс. грн.

Таким образом, капитальные затраты на создание технологии отделения угля из горной массы проходки выработок не превысят 675 тыс. грн.

Плановые эксплуатационные затраты при переработке 24000 т горной массы включают в себя расходы на оплату потребленной электроэнергии, технологической воды, затраты на содержание обслуживающего персонала, складирование и содержание отходов переработки и т.д., не превысят 20 тыс. грн.

Период окупаемости капитальных затрат на создание технологии равен:

$$ПО = \frac{K_з}{D - Э_з} = \frac{675}{712,8 - 20} \approx 1 \text{ месяц.}$$

где $K_з$ - капитальные затраты, тыс. грн; D - доход от реализации, тыс. грн; $Э_з$ - эксплуатационные затраты, тыс. грн.

Технико-экономические показатели работы технологии отделения угля из горной массы проходки выработок показывают, что применение вибрационной машины для обогащения открывает широкие перспективы внедрения этого процесса в практику обогащения рядовых углей и рассыпных полезных ископаемых. С учетом благоприятных вспомогательных условий (не требуется очистка оборотной воды, небольшой удельный расход энергии и технологической воды, незначительные расходы на вспомогательное оборудование) способ

отделения породы на вибрационной машине с колеблющимся решетом выдерживает экономическое сравнение с другими процессами того же назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фроль М., Хайнтгес З. Предварительное отделение породы в отсадочной машине с подвижным решетом на шахте «Эмиль Майриш» // Глюкауф. – 1986, № 17. – с. 20-24.
2. Давыдов М.В. С заседания секции «Обогащение и переработка угля» НТС компании «Росуголь» // Уголь. – 1995, № 12. – с. 51-54.
3. Шевченко Г.А. Технология гидравлического обогащения угля в стоячей среде разделения. Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов / Ин-т геотехнической механики НАН Украины. – Дн-ск, 1999. – Вып. 13. – с. 124-132.
4. Шевченко Г.А., Шевченко В.Г. Оценка технико-экономических показателей вибрационной технологии обогащения углей и обоснование ее применения на шахтных фабриках модульного типа. Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов / Ин-т геотехнической механики НАН Украины. – Дн-ск, 2001. – Вып. 19. – с. 46-53.
5. Мухин А.В., Черватюк В.Г., Шевченко Г.А., Скипочка С.И. Обогащение горной массы в условиях поверхностного комплекса шахты – реальный путь повышения качества угля // Сб. научн. трудов Национальной горной академии Украины, № 43. Том 4. – Дн-ск, НГА Украины, 1998. – с. 104-106.

УДК 622.28.044-112.3

В.И. Бондаренко, Г.А. Симанович,
И.А. Ковалевская

КРИТЕРИЙ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ УСТАВНОВКИ БЕЗЗАМКОВЫХ ШТАНГ С НАЧАЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ НА КОНТАКТЕ С ПОРОДОЙ

Визначено раціональний інтервал допустимих змін радіальних напружень на контакті беззамкових штанг з породними стінками шпуру.

CRITERION OF PARAMETERS CHOICE OF LOCLESS BARS INSTALLATION WITH INITIAL PRESURE ON CONTACT WITH ROCK

The rational interval of permitted changes in radial stresses on contact lockless bars with rock walls of a well.

Многообразие конструкций беззамковых штанг характеризуются (за исключением винтовых) рядом общих принципов силового взаимодействия со вмещающими породами.

Во-первых, закрепление рассматриваемых конструкций беззамковых штанг осуществляется в основном посредством сил трения и сцепления (адгезии). Так, решающую роль в закреплении трубчатых штанг играют силы трения, железобетонной, полимерной и сталеполимерной – силы сцепления, а трубчатой с закрепляющим слоем, железобетонной и сталеполимерной когда применяется расширяющийся при твердении состав – одновременно силы трения и сцепления.

Во-вторых, основную растягивающую нагрузку воспринимает несущий элемент (стержень, цилиндр), непосредственно или через закрепляющий слой, контактирующий с породными стенками шпура. По этим контактам действуют касательные напряжения, реализующиеся благодаря силам трения, сцепления или их комбинации.