

**АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НАБРЫЗГБЕТОНИРОВАНИЯ**

В статті проаналізовано принцип дії набрызгбетонних установок, а також розглянуто типове обладнання модельного ряду машин німецької фірми SPERNO Maschinenbau, які доцільно використовувати у шахтному та підземному будівництві.

**ANALYSIS OF THE EQUIPMENT FOR THE FILLING**

In article is analyzed principle of the action gunite-plants and considered the most equipment from the dimension-type row machines of the German company SPERNO Maschinenbau, which reasonable use in mine and underground construction.

В настоящее время, в связи с внедрением передовых технологий в строительной и горнодобывающей отраслях, актуальной является задача совершенствования методов повышения устойчивости горных выработок экономичными и, в то же время, надежными способами. Одним из таких способов является набрызгбетонирование (торкретбетонирование), сущность которого состоит в нанесении быстротвердеющего слоя набрызгбетона (бетонный раствор со специальными химическими добавками) под давлением на заранее подготовленную поверхность.

За последние десятилетия создан ряд высокотехнологичных машин и установок для набрызгбетонирования. Множество зарубежных компаний, таких как MEYNADIER MASCHINEN, Putzmeister, SPERNO Maschinenbau и т. д., занимались разработкой оборудования для данного вида работ. В ИГТМ имени Н.С. Полякова НАН Украины разработана многоцелевая бетоноукладочная машина МБМ. В бывшем СССР использовались машины типа ПБМ, СБ-67 и им подобные [1, 2, 3, 4].

Машины для набрызгбетонирования могут работать на затворенной и сухой бетонной смесях.

Опыт из эксплуатации в отечественной и зарубежной практике, а также преимущества и недостатки «мокрого» и «сухого» способов набрызгбетонирования показывают, что пока наиболее распространенными являются машины второго типа.

При использовании сухого метода торкретирования сухие торкрет-смеси подаются сжатым воздухом (пневматическая подача). Наиболее часто подача сухих торкрет-смесей осуществляется с помощью роторных установок, пример которой показан на рис. 1.

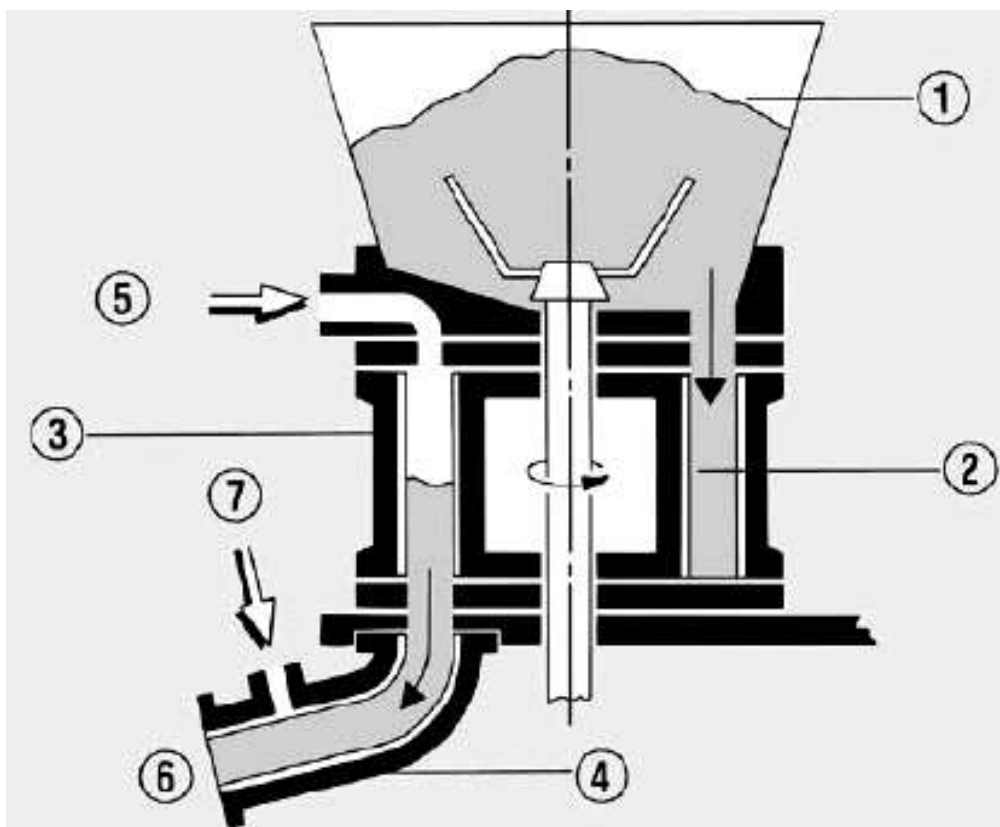


Рис. 1 – Схема работы роторной установки системы Aliva

Через приёмный бункер (1) торкрет-смесь поступает в камеры револьверного ротора (2). Благодаря вращению ротора (3) камера с материалом поступает в точку разгрузки. С помощью сжатого «верхнего» воздуха (5) осуществляется разгрузка камеры с материалом. Смесь поступает через выпускную камеру (4) в магистраль. Совместно с «нижним» воздухом (7) смесь транспортируется по магистрали (6) в воздушном потоке (пневматическая подача) с большой скоростью к торкрет-форсунке. При сухом методе торкретирования могут использоваться специальные торкрет-смеси, которые быстро твердеют при смешивании с водой. Преимущества сухого метода торкретирования заключаются в его универсальности. Данный метод характеризуется высокой начальной прочностью нанесенного торкрет-бетона, длительным сроком хранения материала, а также отсутствием остатков бетона при окончании торкрет-работ. Нужно сказать, что на высокую эффективность данного метода негативно влияют высокий отскок при ведении торкрет-работ, высокая степень пылеобразования, достаточно высокие затраты на изнашиваемые элементы, а также большая потребность в сжатом воздухе.

С учетом преимущества данного метода оптимальными условиями применения сухого метода торкретирования являются ремонт бетонных конструкций, заполнение пустот при поступлении небольшого количества воды, когда имеет место небольшой объем торкрет-работ и необходима независимость от поставщиков бетонной смеси (наличие сухой смеси на месте работ). При применении сухого способа торкретирования набрызг может вестись как в ручном, так и в

механизированном режиме с помощью манипуляторов. В связи с тем, что при применении сухого торкретирования речь чаще всего идет о небольших производительностях, ручной набрызг используется значительно чаще, чем при мокром торкретировании. Сухая смесь наносится главным образом с помощью роторных машин, которые различаются по таким параметрам: производительность, область применения (торкретирование сухое/мокрое/оба метода), тип привода (пневматический/электрический), размеры торкрет-оборудования (габариты/вес/удобство), вид управления (ручное/частично автоматизированное), расположение управляющего блока (на насосе/дистанционное), а также наличие дополнительных агрегатов (дозировочные насосы, системы очистки).

Для нанесения мокрого торкретбетона (набрызгбетона) обычно применяется гидравлическая подача с помощью поршневых и плунжерных насосов. Кроме того, для набрызга мокрых торкретсмесей может применяться и пневматическая подача с помощью соответствующих роторных насосов. При гидравлической подаче торкрет-смесей чаще всего применяются двухпоршневые насосы, образец которого представлен на рис. 2.

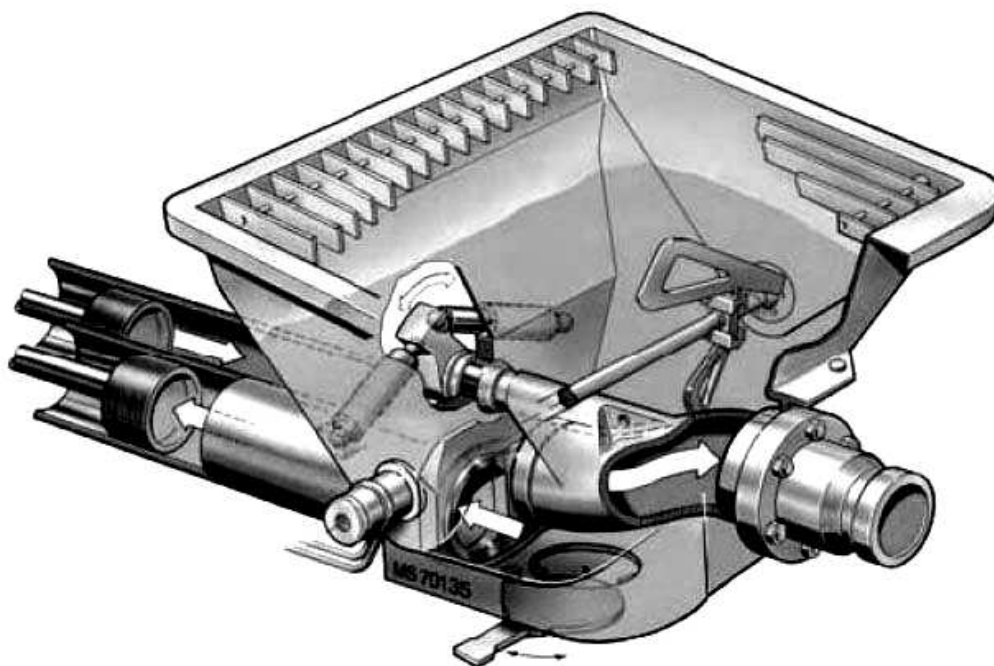


Рис. 2 – Схема работы двухпоршневого насоса фирмы Putzmeister

В данной конструкции готовая мокрая смесь подается в приемный бункер насоса и перекачивается по трубам и шлангам к торкрет-форсунке. Технология мокрого торкретирования требует снижения пульсации при перекачке до минимума с целью обеспечения непрерывного распыления смеси форсункой. Для этого применяются различные методы повышения степени заполнения подающих поршней насоса и различные методы сокращения времени переключения шибера. С помощью компрессора сжатый воздух подается по отдельным шлангам к форсунке. С помощью дозирующего насоса добавка (ускоритель тверде-

ния) также подается по отдельным шлангам к форсунке. Объем подачи добавки синхронизирован с объемом подачи бетона, благодаря чему постоянно обеспечивается заданное соотношение количества подмешиваемой добавки и объема подаваемого бетона. Для пневматической подачи мокрого торкрет-бетона используются специально разработанные роторные насосы. Как и сухое, мокрое торкретирование может выполняться как в ручном режиме (ручной набрызг), так и в механизированном режиме с применением торкрет-манипуляторов. Конечно, классическая методика нанесения мокрого торкрет-бетона в большинстве случаев предусматривает механизацию процесса — это обусловлено высокой производительностью данного метода, а также большими сечениями выработок, где применяется данный метод. Для нанесения мокрых смесей в большинстве случаев применяются торкрет-установки с двухпоршневыми насосами. По сравнению с традиционными бетононасосами к данным установкам предъявляются дополнительные требования в части обеспечения равномерной непрерывной подачи бетонной смеси с целью обеспечения равномерного нанесения торкретбетона. К преимуществам данного метода стоит отнести как небольшие размеры торкрет-установок, так и возможность использования дешевых материалов (таких, как, например, цемент и песок).

В контексте рассматриваемой задачи особый интерес представляют торкрет-установки немецкой фирмы SPERNO Maschinenbau [5].

Хозяин фирмы — Эльмар Шперрфехтер строил относящееся к среднему классу предприятие на основе отцовского ремесленного производства, основанного в 1945 году. Предприятие занималось с 1966 года научно-исследовательской работой, развитием, испытанием и серийным выпуском набрызгбетонного оборудования широкого спектра применения.

Специалистами этой фирмы в 1969 году велись разработки по созданию автоматизированных машинных линий работающих по принципу нанесения мокрой набрызгбетонной смеси в тонкопотоковой струе с отрегулированной энергией сжатия. Метод дает возможность избежать в некоторых случаях применения специальных химических компонентов. Данная инновация неоднократно патентовалась. Несущая способность крепи, сооруженной по технологии фирмы SPERNO, в 16 раз превышает возможности металлической крепи из профиля СВП с использованием затяжки. В итоге их работы были созданы торкрет-установки, типоразмерный ряд которых показан на рис. 3.

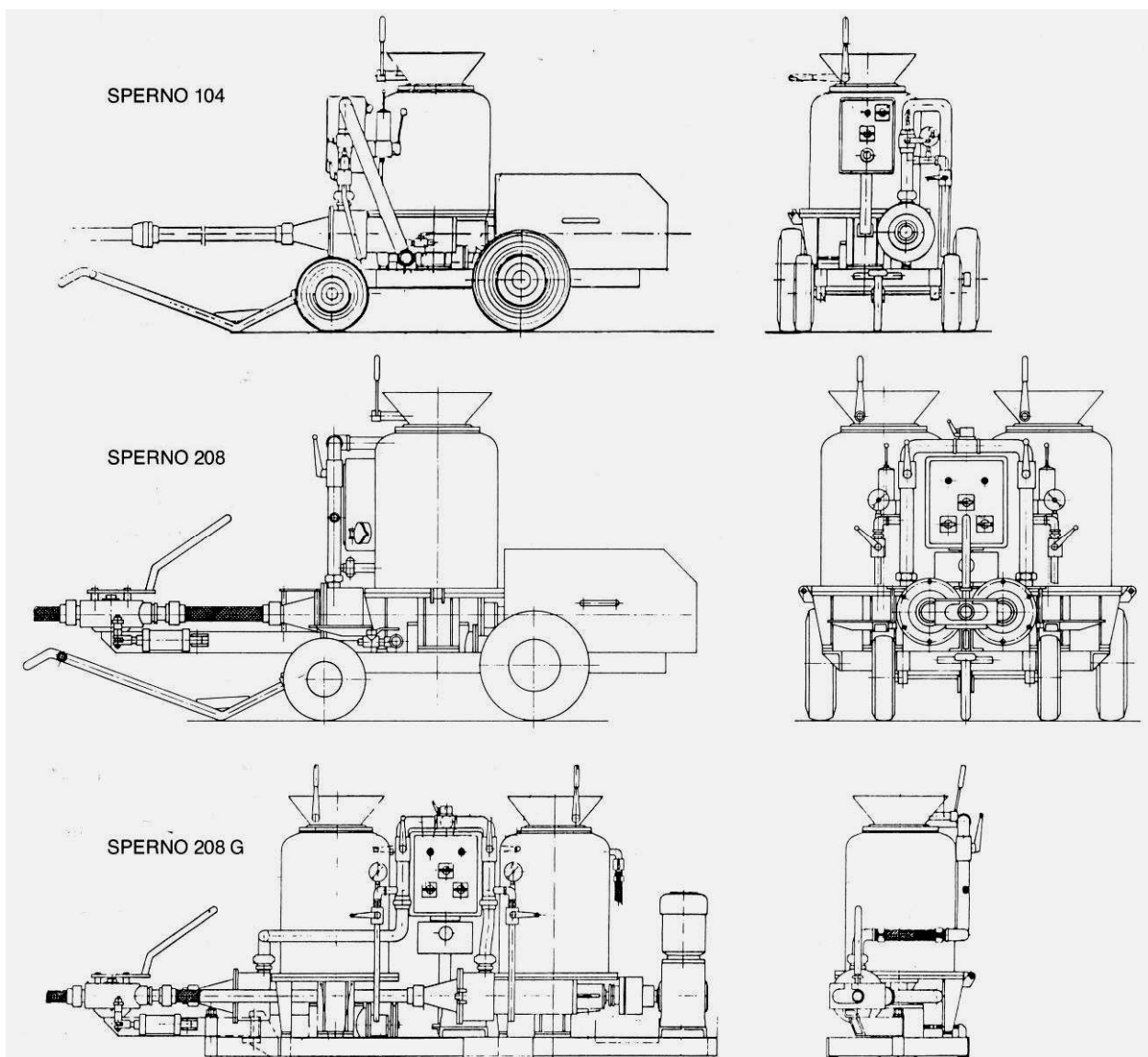


Рис. 3 – Типоразмерный ряд установок фирмы SPERNO Maschinenbau для мокрого метода набрызгбетонирования

Параметры вышеуказанных машин приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики машин фирмы SPERNO Maschinenbau

| Параметры                 | SPERNO 208            | SPERNO 208 G          | SPERNO 104              |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Производительность        | 3 м <sup>3</sup> /час | 3 м <sup>3</sup> /час | 1,5 м <sup>3</sup> /час |
| Подача на расстояние до   | 100 м                 | 100 м                 | 100 м                   |
| Подача на высоту до       | 50 м                  | 50 м                  | 50 м                    |
| Максимальный размер щебня | 25 мм                 | 25 мм                 | 25 мм                   |
| Диаметр шланга            | 50 мм                 | 50 мм                 | 40 мм                   |
| Объем емкости             | 2×200 л               | 2×200 л               | 1×200 л                 |
| Рабочее давление, max     | 0,6 МПа               | 0,6 МПа               | 0,6 МПа                 |

| Параметры                | SPERNO 208                | SPERNO 208 G              | SPERNO 104               |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Электрическое напряжение | 380 В, 50 Гц              | 380 В, 50 Гц              | 380 В, 50 Гц             |
| Мощность привода         | 5,5 кВт                   | 7,5 кВт                   | 5,5 кВт                  |
| Расход воздуха           | 10-14 м <sup>3</sup> /мин | 10-14 м <sup>3</sup> /мин | 6-10 м <sup>3</sup> /мин |
| Вес (нетто)              | 1600 кг                   | 1800 кг                   | 1000 кг                  |

Рассмотрим конструкцию машины SPERNO 208 G-E представленную на рис. 4

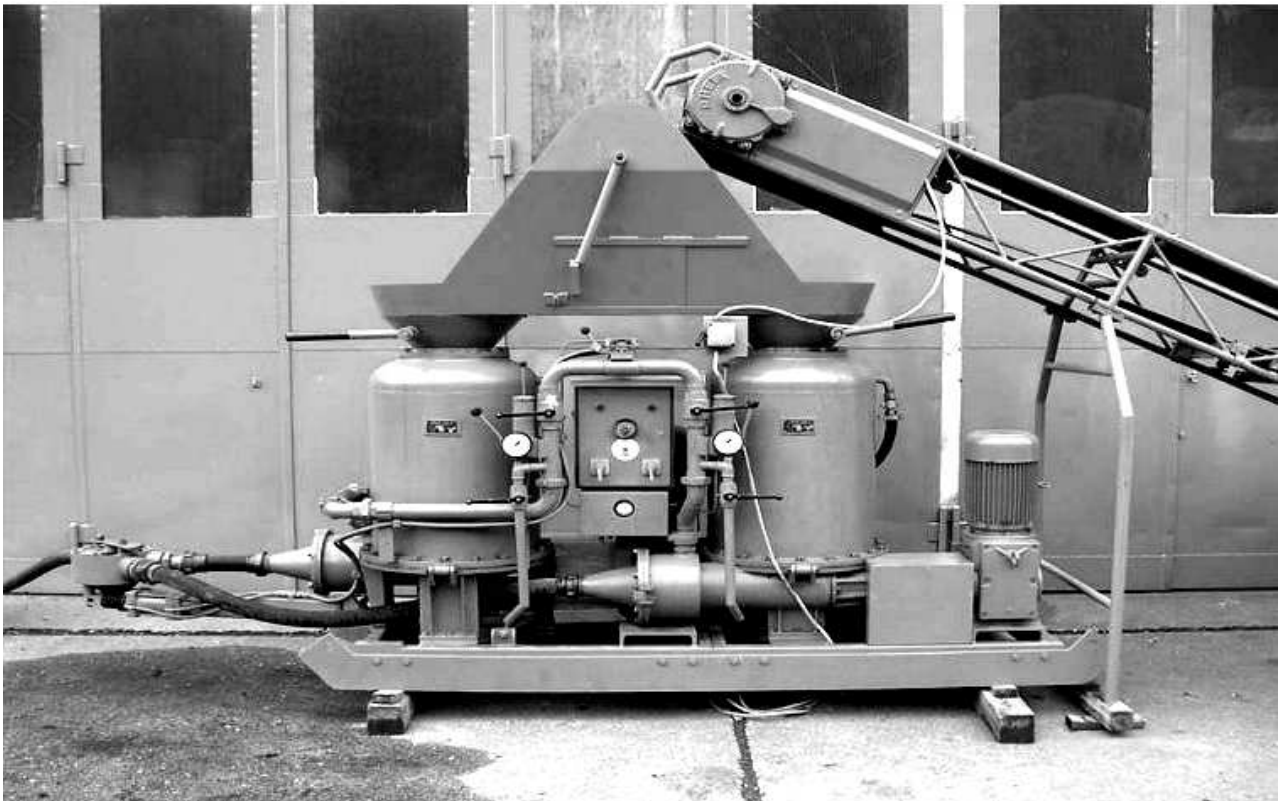


Рис. 4 – Машина SPERNO 208 G-E

Машинная рама машины SPERNO 208 G-E - это прочная сварная конструкция из труб прямоугольного сечения. Резервуары высокого давления сварены для давления в 6 атмосфер. Они снабжены обшивкой дна и обшивкой резервуара, колоколообразным затвором, шестерней мешалки и загрузочной воронкой. Все части подверженные износу изготовлены из специальной высокопрочной стали и легко заменяемы. Приводные валы для шнекового дозатора закреплены в роликоподшипниках. Шестерни угловой зубчатой передачи защищены от пыли и находится в масляной ванне. Двигатели приводов 2-х скоростные с переключаемыми полюсами. Стрелочный перевод переключает с одного резервуара на другой при помощи пневматического цилиндра и обеспечивает непрерывную работу машины. Простое электропневматическое управление гарантирует безотказную работу машины. Машина состоит из 2-х отдельных единиц, позво-

ляющих компоновать машину с левосторонним или правосторонним управлением (на рис. 4 машина с левосторонней компоновкой). Ее габариты: длина – 3530 мм, ширина – 800 мм, высота – 1450 мм.

Одной из составных частей рассматриваемого комплекса является мешалка 202 DS с донной разгрузкой и загрузочным ковшом, представленная на рис. 5.

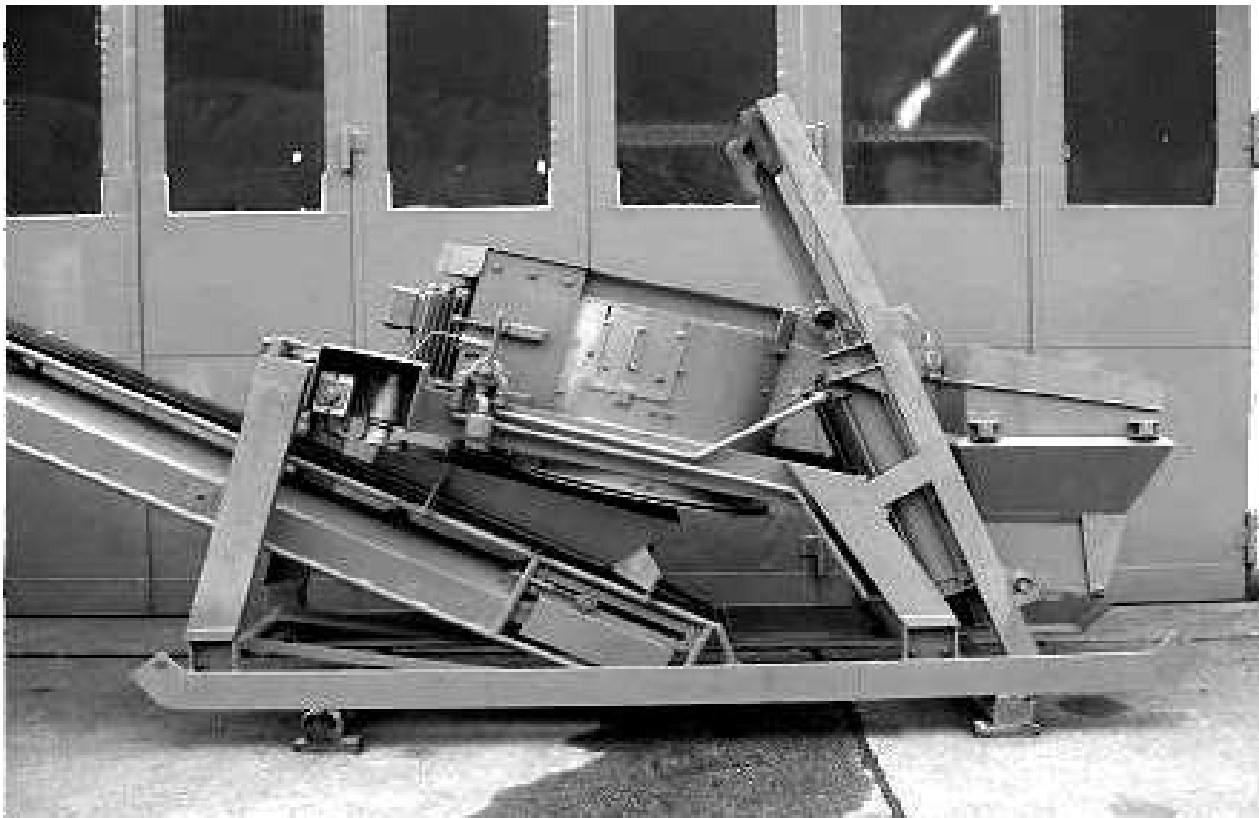


Рис. 5 – Мешалка 202 DS

Машинная рама мешалки 202 DS- это прочная сварная конструкция из швеллера. Загрузка мешалки производится ковшом, который одновременно является дозатором наполняющего материала. Вода дозируется возвратным счётчиком. Мешалка принудительного действия оснащена планетарным передаточным механизмом, который смешивает материал двумя вращающимися и одной планетарной лопаткой. Вследствие этого предварительно дозированный материал оптимально смешивается и полностью гомогенизируется. Выгрузка смеси происходит пневматически управляемым, расположенным в дне резервуара механизмом. Все части, подверженные износу выполнены из высокопрочной, специальной стали и легко заменимы. Ее технические характеристики даны в табл. 2.

Таблица 2 – Технические характеристики мешалки 202 DS

|                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| Производительность            | 3 м <sup>3</sup> /ч |
| Производительность смешивания | 20-25 замесов/ч     |
| Объем мешалки                 | 200 л               |
| Электрическое напряжение      | 380 В, 50 Гц        |
| Мощность привода              | 11 кВт              |
| Вес (нетто)                   | 1600 кг             |
| Габариты:                     |                     |
| Длина                         | 2800 мм             |
| Ширина                        | 1000 мм             |
| Высота                        | 1400 мм             |

На рис. 6 представлен ленточный транспортер.



Рис. 6 – Ленточный транспортер в составе установки

Ленточный транспортер для транспортировки смеси от мешалки до машины 208 G-E, работает совместно с мешалкой бетонной смеси, имеет трубчатый упор для установки и закрепления ленточного транспортёра в наклонном положении. Его технические характеристики даны в табл. 3.



Таблица 3 – Технические характеристики ленточного транспортера

|                          |              |
|--------------------------|--------------|
| Электрическое напряжение | 380 В, 50 Гц |
| Мощность привода         | 3 кВт        |
| Вес (нетто)              | 800 кг       |
| Габариты:                |              |
| Длина                    | 5500 мм      |
| Ширина                   | 600 мм       |
| Высота                   | 1400 мм      |

Для равномерного распределения смеси используется блок направляющего шибера, представленный также на рис. 6. Его технические данные: вес – 100 кг, длина – 1960 мм, ширина – 960 мм, высота – 770 мм.

Доктор Иштван Клаус – специалист фирмы SPERNO Maschinenbau, описывает ряд случаев применения на практике технологического оборудования, работающего по принципу тонкопотокового (тонкотоксового) метода набрызгбетонирования сырым раствором для крепления горных выработок в Венгрии и Германии. И. Клаус считает, что главным препятствием при проведении такого рода работ, является постоянное движение и формоизменение породного массива. Исходя из этого, можно сделать утверждение о том, что если скорость твердения слоя набрызгбетона меньше скорости формоизменений в приконтурной зоне, то в таком случае применение данной крепи неприемлемо.

Однако существует возможность замедлить процессы, происходящие в приконтурной зоне горной выработки. Для этого необходимо создать на контуре породы такую динамическую связь, которая:

- а) тормозит статическое сокращение породного контура;
- б) способна сразу противодействовать нагрузкам сбоку породного массива;
- в) будет иметь надежное сцепление со следующим слоем материала крепи.

Из всех факторов, обеспечивающих соблюдение вышеуказанных условий, приоритет отдается специальному торкрет-оборудованию.

Иллюстрацией ко всему вышеизложенному может служить пример практического применения данной технологии при креплении наклонного ствола, длиной 1620 м за 16 месяцев вместо запланированных 22-х.

Анализы образцов породы показали, что порода имеет сопротивление сжатию 5-15 МПа, а интенсивные реологические процессы начинаются через 4-5 часов.

После нанесения первого слоя набрызгбетона, толщиной 4-5 см, непосредственно за проходкой, и установки арматурной сетки, наносился второй слой. Полное крепление сечения произошло в 25-ти м от проходимого забоя, была достигнута проектная толщина стены – 25 см. Далее работы по креплению продвигались вслед за проходкой. технологическая линия используемых машин показана на рис. 7

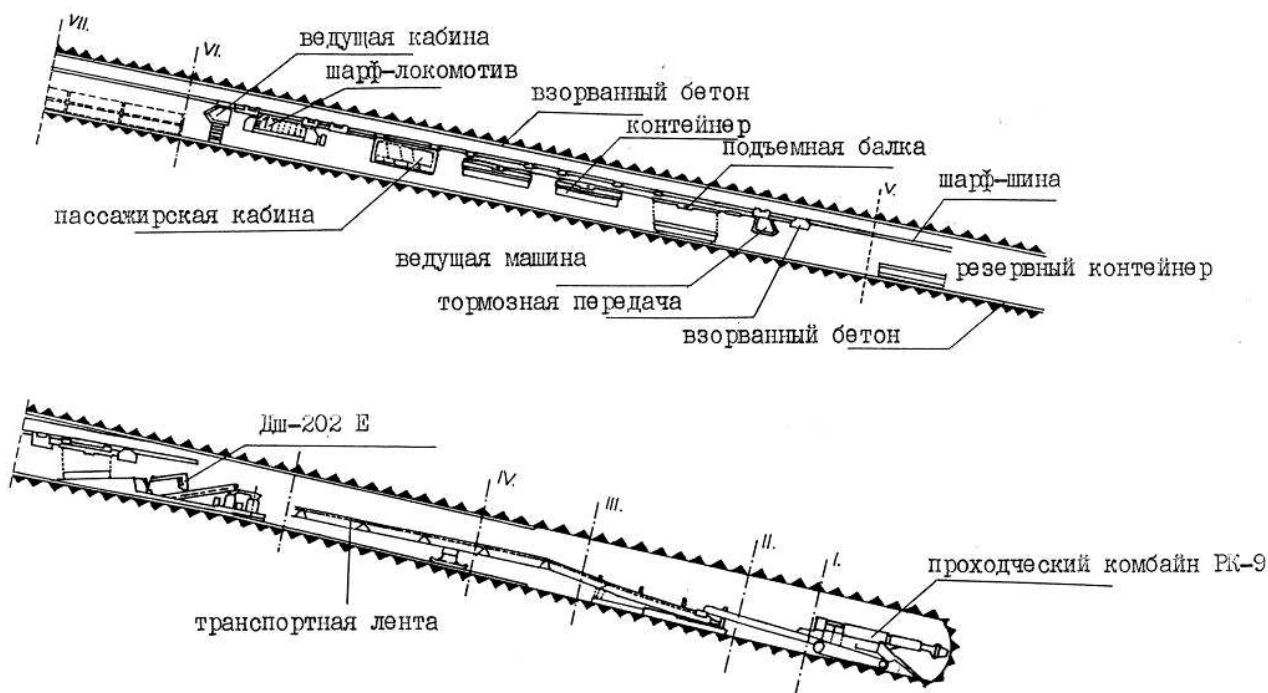


Рис. 7 – Технологическая линия машин полной проходки выработки (наклонного ствола)

Благодаря использованию технологии тонкопотоковой доставки водоцементной смеси при креплении горных выработок в данном конкретном случае были на 30 % сокращены расходы, а эффективность метода на порядок выше, чем у аналогичных, так, как данный метод предусматривает равномерное нанесение торкрет-слоя и минимальный отскок частиц смеси.

За последнее столетие технология торкретирования (набрызга) бетона из инновационной превратилась в классическую технологию, применяемую во многих отраслях экономики для решения различных производственных задач.

Наиболее часто торкрет-бетон применяется:

- для крепления горных пород при ведении подземных работ, в тоннелестроении и горнодобывающей промышленности;
- для ремонта бетонных и железобетонных конструкций (замена разрушившегося бетона, усиление бетонной конструкции);
- при выполнении работ по герметизации;
- в качестве огнеупорного материала в чёрной, цветной металлургии, химической, стекольной, цементной промышленности и прочих отраслях, связанных с высокотемпературными процессами;
- в качестве защитного износостойкого покрытия;
- для крепления грунта при выполнении наземного строительства (устройство котлованов, хранилищ, укрепление откосов при строительстве транспортных развязок, мостов и пр.);

- при создании объектов художественного назначения;
- для выполнения многих других задач.

Резюмируя изложенное, необходимо указать на задачи, которые требуют решения в совершенствовании установок для набрызгбетонирования:

- создание миниустановок, характеризующихся небольшим весом и минимальными энергозатратами;
- создание новых установок, обеспечивающих экологоэкономические технологии набрызгбетонирования;
- решение задач подготовки эффективных торкрет-смесей в смесителях установок;
- создание торкрет сопел, обеспечивающих минимальный отскок смесей и высокую адгезию наносимых вяжущих веществ на ремонтируемую поверхность, или конструкцию.

Некоторые из перечисленных задач являются предметом дальнейших исследований автора.

Автор благодарит господина Эльмара Шперфехтера за предоставленную информацию по установкам фирмы SPERNO Maschinenbau.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стрельцов Е.В. Крепление горных выработок угольных шахт набрызгбетоном / Стрельцов Е.В., Козакевич Э.В., Пономаренко Д.И. – М.: «Недра», 1978. – С.6-9.
2. Научное обоснование, разработка и внедрение ресурсосберегающей технологии крепления горных выработок набрызгбетоном / Козакевич Э.В. М. – 1990. – С.14-17.
3. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок / Виноградов В.В.; Отв. Ред. Зорин А.Н.; АН УССР. Ин-т. геотехн. Механики. – Киев: Наук. Думка, 1989. – 192 с. – ISBN 5-12-000877-1.
4. Свойства пород и устойчивость горных выработок / Усаченко Б.М. – Киев: Наук. думка, 1979. – 136 с.
5. SPERNO Betonspritz-maschinen Nr.11. 2004. Проспект фирмы.