

УДК 630.235:55.30

Автоматизация смешивания жидких компонент — первый этап роботизации горнопроходческих работ

Галахарь Александр Сергеевич¹

a.galakhar@bmstu.ru

Добрынин Александр Артурович²

pirovzryv@mail.ru

Лагута Виктор Степанович³

ipilp@mail.ru

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия²ИПКОН РАН, Москва, Россия³Группа компаний «Галант», Чистополь, Россия

Разработана узловая схема автомата смешивания и патронирования, который предназначен для изготовления взрывоопасных веществ вблизи мест ведения горнопроходческих работ, что исключает риски, связанные с перевозкой и хранением таких веществ. Готовая оболочка (флакон) из полупрозрачного пластика подается из кассеты в позицию наполнения взрывоопасным веществом и сразу после наполнения надежно герметизируется. Для обеспечения безопасности работы автомата предусматривается система активного технического контроля патронирования. Предложенная схема автомата смешивания позволит увеличить производительность труда и безопасность на предприятиях горной промышленности и строительства.

Ключевые слова: безопасность, горная промышленность, производительность труда, роботизация проходки, устройство смешивания жидкостей

Введение. Горные предприятия с точки зрения автоматизации и роботизации технологических процессов имеют определенное преимущество, поскольку здесь при надлежащем контроле территории предприятия и управлении квалифицированным персоналом, менее вероятно присутствие посторонних лиц, а в случае успешного внедрения, даже на первом этапе, должно произойти существенное сокращение количества работников, вынужденных находиться в загазованном, запыленном призабойном пространстве и других опасных местах. Это обеспечит уменьшение риска травмирования или профессионального заболевания, стоимости бурения, заряжания, транспортировки взрывчатых веществ (ВВ) и забойки. Удаленное управление бурением, отделением горной породы и перемещением разрушенной горной массы уже внедряется на горных предприятиях Австралии, Беларуси, Канады, Китая, США, Чили, ЮАР и где-то понемногу в России [1–6].

Процессы изготовления ВВ, размещения их и средств инициирования в зарядных выработках, являются наиболее опасными среди тех технологических процессов горного производства, где необходима энергия взрыва.

Исследование [7] показало, что из всех известных и применяемых сегодня в горной промышленности ВВ наиболее технологичны жидкие ВВ

(ЖВВ), которые могут самотеком заполнять предназначенные для них зарядные полости, обеспечивая достаточно высокую плотность ВВ в заряде без применения специальных насосов и иных приспособлений, что можно рассматривать как возможную предпосылку разработки роботизированной технологии взрывных работ.

Основание для разработки автомата смешивания и патронирования — большая потребность в патронированных взрывчатых веществах и специальных зарядах ВВ в горной и других отраслях промышленности (более миллиона зарядов в год), а также резкое возрастание их стоимости, наблюдаемое в последнее время.

Назначение описываемого оборудования. Назначение устройства смешивания (УсС) — изготовление ЖВВ, путем смешения, невзрывоопасных составляющих (окислителя и горючего) и разлив ЖВВ в пластиковые оболочки (флаконы) с обеспечением надежной герметизации содержимого для исключения контакта с ним работников. Для формирования ЖВВ используется окислитель (О): диазота тетраоксид, кислота азотная концентрированная по ГОСТ 701–89 (возможны другие). И горючее (Г): жидкие углеводороды, нитробензол, бензол (возможны другие).

Масса ЖВВ в пластиковых оболочках составляет от 100 (0,1 л) до 1000 г (1 л). Объем флакона для проектирования прототипа УсС — 500 г (0,5 л). Внешний диаметр оболочек — 32...80 мм. Оболочки цилиндрической формы из прозрачного или полупрозрачного пластика для визуального контроля полноты (точности) наполнения оболочек. Кроме того, на выступающей части флакона (под крышкой) предусматривается особое кольцо для закрепления флакона при установке в шпур.

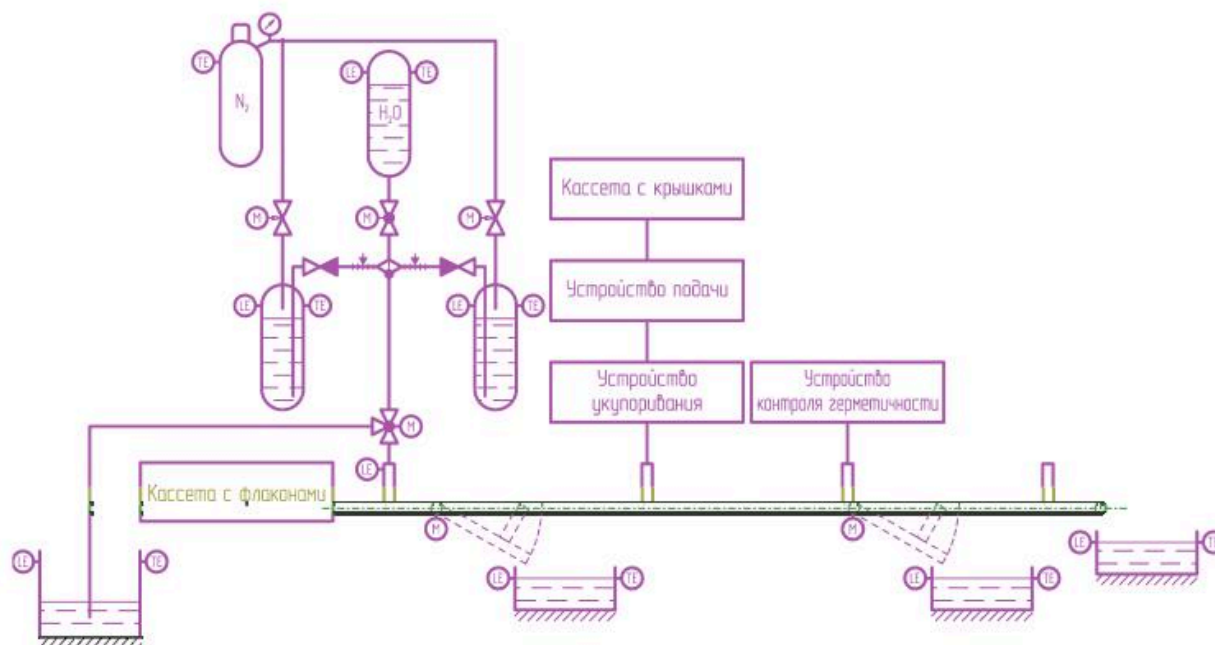
Функциональная схема УсС аппарата патронирования ЖВВ (АПЖВВ) показана на рисунке.

Взрывобезопасность УсС обеспечивается содержащимися в его составе:

- реактором со смесителем (статическим или динамическим);
- аварийными сливными устройствами;
- системой управления, обеспечивающей заданную дозировку компонентов, массу ЖВВ в пластиковой оболочке и удаленный контроль температуры в реакторе и флаконе;
- агрегатом укупоривания для установки и удерживания флакона в вертикальном положении во время слива ЖВВ из реактора (дозатора), конструкция агрегата дополнительно обеспечивает слив ЖВВ (или компонентов ЖВВ) случае технологического сбоя в накопительную емкость со слабым щелочным раствором;
- разборным металлическим несущим каркасом, конструкция которого позволяет обеспечить надежное заземление всех узлов монтируемого на нем оборудования, а также удерживает УсС в вертикальном положении.

В конструкции автомата смешивания и патронирования предусматривается возможность установки съемных колес для его перемещения без емкостей вручную.

Емкости для О и Г выбираются исходя из потребности в ЖВВ и удобства эксплуатации. Подача О и Г в реактор производится путем создания небольшого избыточного давления азота (до 0,7 атм).



Функциональная схема устройства смешивания жидких реагентов

Подготовка УсС к работе состоит из последовательности действий.

1. Установка и закрепление УсС в выбранном месте.
2. Заземление установки.
3. Заполнение технологических емкостей жидкостями. Слабощелочной раствор заливается в емкость аварийного слива, а вода — в емкость приема заполненных флаконов.
4. Установка резервуаров О и Г в приемных позициях УсС.
5. Выполнение присоединений трубопроводов к соответствующим резервуарам.
6. Регулирование и установка в рабочее положение элементов трубопроводной арматуры.

Подключение электропитания.

Визуальный контроль состояния резервуаров и технологических емкостей, температуры на элементах установки по индикаторам на устройстве управления (пульте управления).

Оператор удаляется на безопасное расстояние (устанавливается требованиями техники безопасности на объекте, но не менее 50 м) и выбирает режим работы УсС — автоматический или пошаговый. В обоих режимах в устройстве управления (УУ) задействован режим аварийной остановки процесса по температуре на элементах УсС. Кроме того, на терминале УУ постоянно отображаются показания температурных датчиков и высвечиваются режимы

функционирования УсС: нормальный (желтый), аварийный (красный), процесс завершен (зеленый).

Для оборудования УсС предусмотрена возможность быстрого монтажа (демонтажа) за счет использования байонетных соединений, что важно для периодической, в случае необходимости срочной промывки, чистки, замены узлов, деталей и т. п. в местах соединений отдельных частей оборудования УсС.

Обсуждение. Многие стадии технологического процесса горного производства взаимосвязаны, и разумно роботизировать все производственные операции, где возможна, даже случайная, встреча с ВВ. Например, после производства взрыва происходит выемка раздробленной породы и здесь эпизодически обнаруживаются скрытые отказы зарядов ВВ, которые сразу после взрыва не могут обнаружить взрывники. При воздействии ковша экскаватора или погрузочно-доставочной машины на заряд ВВ может произойти их детонация с трагическими последствиями. Сквозная роботизация извлечения породы позволит полностью исключить риск травмирования работников ВВ при проведении горных работ.

Заключение. Современный уровень развития науки и техники уже сегодня позволяет приступить к разработке сложных робототехнических комплексов [8], в том числе, для роботизации взрывных работ в горной промышленности и при строительстве.

Исключение большого числа работников из технологического процесса обеспечит существенное уменьшение его себестоимости и увеличит безопасность, т. к. присутствие ограниченного числа операторов, управляющих оборудованием и контролирующих его работу предполагается только за пределами опасной зоны.

Внедрение роботизации наиболее опасных процессов горного производства подтолкнет специалистов к разработке и внедрению совершенно новых, ранее невозможных, взрывных технологий.

Опытом установлено, что ЖВВ, особенно жидкие взрывчатые растворы, обладают хорошими энергетическими характеристиками и текучестью, наиболее удобны (технологичны) для использования в роботизированных взрывных технологиях.

Список источников

- [1] Марчев А.С., Исыянов О.А., Рабольт А.Н., Мерескин И.В. Опыт применения низкопрофильной роботизированной погрузочно-доставочной машины XLPD при отработке маломощных пластообразных рудных тел Рудника № 8 ПАО «ППГХО» им. Е.П. Славского». *Горная промышленность*, 2019, № 6, с. 44–48.
- [2] Хазин М.Л. Роботизированная техника для добычи полезных ископаемых. *Вестник МГТУ им. Г.И. Носова*, 2020, т. 18, № 1, с. 4–15.
- [3] Клебанов А.Ф. Автоматизация и роботизация открытых горных работ: опыт цифровой трансформации. *Горная промышленность*, 2020, № 1, с. 8–11.
- [4] Гусаков Г.Б. Перспективные направления развития техники БелАЗ. *Горная промышленность*, 2021, № 3, с. 44–47.

- [5] Минин И.В., Заборницын В.В., Плотников А.М., Минин В.В. Доход при безлюдных технологиях горных производств ОАО «УГМК». ГЛОБУС. *Геология и бизнес*, 2021, № 1 (65), с. 132–136.
- [6] Добрынин А.А. Роботизация взрывных работ. Предпосылки. Результаты. Возможные перспективы. *Маркшейдерия и недропользование*, 2022, № 3 (119), с. 6–11.
- [7] Добрынин А.А. *Взрывчатые вещества. Химия. Составы. Безопасность*. Москва, ИД Академии Жуковского, 2014, 528 с.
- [8] Лагута В.С., Калининченко С.В. Индустриализация на основе роботизации: варианты постановки задачи создания (внедрения) технической системы. *Вопросы инновационной экономики*, 2022, т. 12, № 3, с. 1316–1324. <https://doi.org/10.18334/vinec.12.3.115001>

Blending automation of liquid components is the first robotization step of mining operations

Galakhar Alexander S.¹

a.galakhar@bmstu.ru

Dobrynin Alexander A.²

pirovzryv@mail.ru

Laguta Victor S.³

ipilp@mail.ru

¹BMSTU, Moscow, Russia

²Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³The group of companies “Galant”, Chistopol, Russia

A component pattern of automatic blending and packaging machine has been developed. It is aimed at producing explosive substances near mining sites without risks associated with transportation and storage of such substances. A ready-made shell (bottle) of translucent plastic is fed from a container to the explosive filling position and securely sealed immediately after filling. The safety of the machine is ensured with a system of active technical control of packaging. The proposed pattern of automatic blending machine will improve labor productivity and safety in mining and construction industries.

Keywords: safety, mining, labour productivity, robotization of drifting, liquid blending device