

Влияние качества применяемого сырья на эксплуатацию смесительно-зарядных машин при буровзрывных работах

Т.С. Морозова

ООО «АЗОТТЕХ», г. Москва, Российская Федерация
✉t.morozova@azotech.ru

Резюме: Исследование причин возникновения неисправностей смесительно-зарядной техники подтверждает, что основное влияние на вероятность аварийных ситуаций оказывает применение сырья, не отвечающего заявленным требованиям и имеющего нестабильные характеристики. В качестве сырьевого материала для приготовления взрывчатых веществ при механизированном зарядании скважин используются такие компоненты, как аммиачная селитра, эмульсионная матрица, дизельное топливо, эмульгатор и другие. В статье описано применение различных рецептов с данными компонентами в конкретных типах смесительно-зарядных машин компании ООО «АЗОТТЕХ». Сформулированы основные характеристики, влияющие на качество сырьевого материала, а также описан входной контроль компонентов взрывчатого вещества при приемке в местах временного хранения на опасном производственном объекте. Статья содержит описание частых видов неисправностей и технического обслуживания оборудования при использовании некачественного сырья. В заключении освещены основные методы улучшения статистики безотказной работы и рекомендации по входному контролю и применению качественных компонентов взрывчатого вещества.

Ключевые слова: взрывчатое вещество, смесительно-зарядная машина, неисправность, отказ, авария, техническое обслуживание, качество сырья, аммиачная селитра, эмульсионная матрица, входной контроль

Для цитирования: Морозова Т.С. Влияние качества применяемого сырья на эксплуатацию смесительно-зарядных машин при буровзрывных работах. *Горная промышленность*. 2021;(1):69–73. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-69-73.

Impact of Raw Material Quality on Performance of Mixing and Charging Machines in Drilling and Blasting Operations

T.S. Morozova

AZOTTECH LLC, Moscow, Russian Federation
✉t.morozova@azotech.ru

Abstract: A study into the failure causes of mixing and charging equipment confirms that the main impact on the probability of accidents is the use of raw materials that do not meet the specifications and have unstable properties. The raw materials used for explosives preparation in mechanized charging of boreholes include such components as ammonium nitrate, emulsion phase, diesel fuel, emulsifier and others. The paper describes the application of various formulations with these components in specific types of mixing and charging machines manufactured by AZOTTECH LLC. The main properties that affect the quality of raw materials are summarised, and the incoming inspection of explosive components is described as part of the acceptance procedure at temporary storage sites at a hazardous production facility. The paper describes common types of equipment failures and maintenance procedures when using substandard raw materials. The conclusion highlights the key practices to improve the equipment uptime as well as recommendations for incoming inspection and the use of high-quality explosive components.

Keywords: explosive, mixing and charging machine, malfunction, failure, accident, maintenance, raw material quality, ammonium nitrate, emulsion phase, incoming inspection

For citation: Morozova T.S. Impact of Raw Material Quality on Performance of Mixing and Charging Machines in Drilling and Blasting Operations. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2021;(1):69–73. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-69-73.

Введение

Надежность смесительно-зарядных машин (СЗМ) в большей мере определяется своевременностью и уровнем осуществления технического обслуживания оборудования, но зачастую выход из строя и снижение производительности машин зависят от качества сырьевых материалов, из которых получается взрывчатое вещество (ВВ).

Рассчитано, что в первые 15 тыс. ч наработки около 70% отказов, неисправностей и аварий происходит из-за применения некачественного сырья [1]. Это значение подтверждается на практике и во многом определяет технологический процесс ведения буровзрывных работ. Влияние такого фактора, как качество сырья, отражается не только на подготовке и обслуживании СЗМ, но и на производительности работы в карьере, отношениях с поставщиками, заказчиками и надзорными органами. Кроме того, хранение некачественного сырья на опасном производственном объекте повышает риски промышленной безопасности, а также ставит на первый план регламент утилизации данных компонентов ВВ, повышая затраты на весь жизненный цикл производства ВВ и применения специализированного оборудования. Поэтому контроль качества невзрывчатых компонентов ВВ является одной из важнейших практических задач горной промышленности.

Основным источником исследования причин выхода из строя и нарушения эксплуатации машин из-за выявления фактора некачественного сырья был взят опыт ведения буровзрывных работ компании ООО «АЗОТТЕХ» (АЗОТТЕХ), которая более 10 лет оказывает комплексные услуги по производству и поставке ВВ, постоянно модернизируя технологические процессы изготовления и применения промышленных ВВ, делится не только победами и достижениями, но и не боится рассказывать о своих «ошибках», показывая тем самым открытое ведение бизнеса, уважение к труду своей команды и добросовестное выполнение обязательств перед заказчиком.

АЗОТТЕХ сотрудничает с разными поставщиками сырья, одним из которых является АО «МХК «ЕвроХим», показывающая достойную работу своей компании и имеющая высокий уровень менеджмента качества. Широкий спектр сырья на российском рынке задает свои тенденции, и в погоне за конкурентным преимуществом многие забывают о самом главном – внешнем и внутреннем контроле при отправке, транспортировке и приемке партии компонентов ВВ. Ответственность за данные процессы несут не только производители и заказчики, но и логистические компании. Взаимодействие всех сторон поможет не только доставить качественный продукт, но и сократить издержки и убытки при возникновении трудностей с поставкой сырья.

Целью данной статьи является освещение основных проблем, связанных с отказами и неисправностями оборудования смесительно-зарядных машин при использовании некачественного сырья, причин возникновения данных проблем, способов устранения неисправностей в СЗМ и совершенствования процессов буровзрывных работ.

Сырьевые материалы: входной контроль

В качестве сырьевых материалов при изготовлении ВВ в СЗМ используются такие компоненты, как аммиачная селитра (АС), дизельное топливо (ДТ), эмульсионная матрица (ЭМ), индустриальное масло (ИМ), этиленгликоль (ЭГ), газогенерирующие добавки (ГГД), эмульгатор и т.д. Смесительно-зарядные машины делятся на разные типы в зависимости от рецептуры взрывчатых веществ.

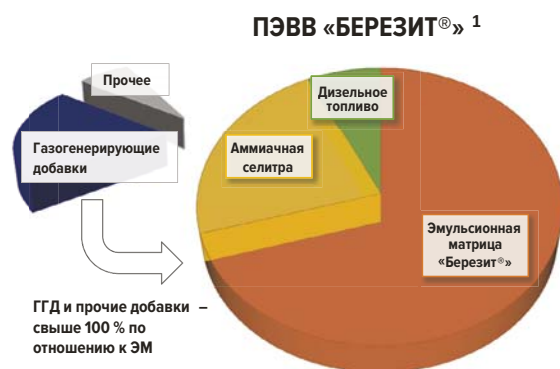
Таблица 1
Основные сырьевые материалы, применяющиеся в разных типах СЗМ

Table 1
Main raw materials used in different types of mixing and charging machines

Смесительно-зарядная машина	Рецептура	Основные сырьевые материалы (НК ВВ)
СЗМ.TDR.ANFO	Ammonium Nitrate Fuel Oil	АС ДТ
СЗМ.TDR.HANFO	Heavy Ammonium Nitrate Fuel Oil	АС
		ЭМ ДТ
СЗМ.TDR.RP	REPUMP	ЭМ
		ГГД
		ЭГ
	AN-EM	ЭМ
		АС
		ДТ
СЗМ.TDR.TTT	Triple Threat Truck	ГГД
		ЭГ
		АС
		ЭМ

В таблице 1 представлена линейка СЗМ марки «TDR» компании АЗОТТЕХ [2] для разных рецептур ВВ и применяющиеся невзрывчатые компоненты взрывчатого вещества (НК ВВ) для каждого типа машин.

Каждый производитель НК ВВ стремится достичь лучших характеристик, отвечающих требованиям потребителей и обеспечивающих высокую детонационную способность смесевых ВВ [3–5]. В общем виде основными компонентами ВВ являются аммиачная селитра и эмульсионная матрица, именно к данным веществам предъявляются повышенные требования для обеспечения изготовления качественного ВВ. Пример компонентного состава одного из промышленных ВВ, изготовленных при механизированном зарядании скважин, представлен на рис. 1.



¹Технические условия ПЭВВ «Березит®» ТУ 7276-003-431204295932-2010

Рис. 1
Основные компоненты промышленных ВВ

Fig. 1
Main components of industrial explosives

Конкурирующими показателями для АС являются насыпная плотность, прочность гранул, впитывающая способность, удерживающая способность, массовая доля влаги, для ЭМ – плотность, динамическая вязкость, во-

Таблица 2
Отслеживаемые параметры
при входном контроле НК ВВ

Table 2
Controlled parameters during the incoming inspection of non-
explosive components of explosives

Входной контроль сырья							
ВВ Параметр	НК	Аммиачная селитра	Дизельное топливо	Эмульсионная матрица	Эмульгатор	Индустриальное масло	ГГД
Наименование продукта/сорт		+	+	+	+	+	+
Товарный знак		+	+	+	+	+	+
Номер партии		+	+	+	+	+	+
Дата изготовления		+	+	+	+	+	+
Количество единиц продукции в партии		+	+	+	+	+	+
Масса нетто/брутто		+	+	+	+	+	+
Результаты проведенных анализов/ соответствие качества		+	+	+	+	+	+
Наличие документации		+	+	+	+	+	+
Внешний вид упаковки / маркировка		+	+	+	+	+	+
Цвет вещества		+	+	+	+	–	–
Рассыпчатость		+	–	–	–	–	–
Наличие посторонних предметов и мусора		+	+	+	+	+	+
Следы примесей		+	+	–	+	+	+
Определение плотности		–	+	+	–	+	+
Определение растворимости в воде		–	–	–	+	–	–
Температура		–	–	+	–	–	+
Вязкость		–	–	+	–	–	–

доустойчивость, электроемкость, температура. На выбор поставщика сырья, кроме высоких показателей физико-химических характеристик, также влияют наличие системы менеджмента качества и отзывы потребителей. Перед закупкой сырья отдел снабжения осуществляет анализ в соответствии с регламентом проведения закупок и при необходимости проводит внешний аудит производителей НК ВВ, что обеспечивает уверенность в безопасности проведения взрывных работ.

Исследования в области влияния соотношений компонентов при изготовлении ВВ на качество взрыва ведутся по сей день. Рассматриваются не только характеристики сырьевых материалов, как описано выше, но и различные условия применения [6]. Сыпучесть, расслаивание, текучесть, гигроскопичность, водоустойчивость, пыление, слеживание и химическая стойкость [7] являются основными свойствами, влияющими на эксплуатацию смесительно-зарядной техники. Данные показатели определяют стойкость ВВ в процессе выполнения всех операций подготовки, транспортирования и механизированного заряжания скважины с помощью смесительно-зарядных машин. Чтобы повысить уровень устойчивости ВВ к внешним воздействиям производители НК ВВ внимательно следят за качеством изготовления сырья, но в большинстве случаев ухудшение характеристик происходит в процессе отгрузки, хранения и недопустимых условий эксплуатации.

Проверка сырьевых материалов в АЗОТТЕХ организована отдельной операцией входного контроля. При входном контроле (табл. 2) исходного сырья проверяется наличие сопроводительной документации, проводятся визуаль-

ный осмотр упаковки и маркировки, измерение основных показателей с помощью метрологических инструментов, контроль внешнего вида компонентов, наличие или отсутствие мусора и посторонних предметов, а также при необходимости проводятся лабораторные испытания на соответствие физико-химических показателей веществ паспорту или сертификату качества.

Виды неисправностей СЗМ: опыт технического обслуживания

Вероятность возникновения отказов из-за применения некачественного сырья очень велика и достигает более 70% в первые часы наработки СЗМ [1], что значительно снижает срок эксплуатации и увеличивает износ оборудования. Неисправности ведут к простоям СЗМ, потере производительности, затратам на ремонт, дополнительному техническому обслуживанию, а также приводят к нарушению режима работы на заряжаемом блоке и дополнительной отчетности в надзорные органы.

Аварии СЗМ, работающих по рецептуре ANFO, HANFO и ТТТ, применяющих в своем составе пористую или гранулированную аммиачную селитру, в большей мере возникают по причине слеживаемости аммиачной селитры или ее «охрупчивания» при увеличении нагрузки на гранулу. Слежавшаяся селитра забивает зазор между стенкой бункера и защитной пластиной донного шнека. Это приводит к нарушению рецептурного состава и сбиванию калибровочных характеристик. Система управления выдает неверные значения, забойка скважины прекращается и наступает аварийный простой СЗМ. Водитель-оператор вручную

устраняет данную неисправность, вытаскивая забившиеся «куски» АС из зазора внутри бункера и складывая их в отдельную емкость или мешок для дальнейшей переработки или утилизации. Такая процедура является опасной для человека, так как при вдыхании аммиачной пыли возможны раздражение слизистой оболочки, кашель, воспаление горла и даже удушье, а при контакте с кожей и глазами АС может вызывать покраснения или химический ожог. В случае когда такие «комки» проходят дальше по технологическому тракту, качество ВВ, получаемого при зарядке, не соответствует заявленным характеристикам, что приводит к «плохому» взрыву.

На качество АС также влияет гигроскопичность [8]. При значительной гигроскопичности ухудшается сыпучесть и гранулы АС теряют твердость, вещество разрушается и забивает шнековую систему СЗМ. Выходят из строя моторы шнеков, датчики оборотов и, в целом, настройки системы управления сбиваются. Техническое обслуживание и ремонт в данном случае подразумевают очистку всего тракта, замену сырья, ремонт неисправного оборудования, а также наладку системы управления.

Аварии СЗМ, работающих по рецептуре РР и ТТТ, применяющих в качестве основного компонента ВВ эмульсионную матрицу, возникают из-за несоответствия заявленным характеристикам НК ВВ. Возможно повышение плотности, расслоение и образование кристаллов АС при работе с некачественной ЭМ. Неустойчивые характеристики ЭМ ведут к неправильной дозировке и, соответственно, нарушению рецептурного состава, остановке всей системы, поломке перекачивающих насосов, забиванию трубопроводов и другим неполадкам. Продолжать работу с данными видами неисправностей на блоке невозможно. Необходимо полностью слить некачественную ЭМ, очистить бункер, заменить сырьевой материал и перекалибровать систему управления. Процесс отнимает много времени, нарушает регламент буровзрывных работ и несет за собой большие убытки.

Стоимость простоя оборудования из-за аварийных ситуаций может достигать до 7 млн руб. [2]. Снижается уровень дохода потребителя из-за недополученной выручки, дополнительных трудозатрат по ремонту оборудования и утилизации отходов, а также повышаются риски промышленной безопасности и охраны труда.

Заключение

Применение дополнительных мер безопасности во избежание аварий, неисправностей и отказов из-за некачественного сырьевого материала при производстве ВВ значительно сокращает вероятность возникновения неисправностей, описанных выше. Основная роль отводится проверке качества сырья при входном контроле, но этого недостаточно, так как зачастую из-за халатности производителей НК ВВ и логистических компаний не удается полностью отследить всю поставку. Проблема с качеством в 50% случаев обнаруживается при изготовлении ВВ в СЗМ на заряжаемом блоке. Зафиксировать некачественный материал не представляется возможным из-за срока давности самой поставки и введения сырья в технологический процесс производства ВВ, поэтому возврат «брака» производителям исключен. В местах временного хранения такое сырье остается лежать в течение долгого срока, вызывая тем самым перегруз и повышенные требования безопасности.

Использование опыта других предприятий [9] не исчерпывает проблем с качеством сырья. АЗОТТЕХ стремится предоставлять услуги буровзрывных работ на высоком уровне, анализируя все свои ошибки, исправляя их и внедряя новые технологии не только в производство, но и в систему менеджмента качества. На сегодняшний день компания проводит исследования в области переработки отходов и некачественного сырья, способов утилизации такого сырья и внедрения новых методов контроля НК ВВ на территории производителя и на всем участке следования поставки к месту применения.

Проведение внешних аудитов поставщиков позволяет снизить вероятность возникновения неисправностей и аварий из-за некачественного сырья в несколько раз, но это также может привести к удорожанию НК ВВ со стороны производителей. Кроме того, использование таких компонентов ВВ, как Эмульгатор «Березит®», ГД «Березит®», ЭМ «Березит®» и других, изготовленных компанией ООО «АЗОТТЕХ», также позволяет снизить количество отказов СЗМ и уменьшить простой оборудования, связанный с устранением возникших неисправностей. Компания отвечает за качество своей продукции и услуг, подтверждая на практике добросовестность, ответственность и экспертность ведения буровзрывных работ.

Список литературы

1. Морозова Т.С. О применении экспертно-статистического метода при оценке вероятности аварий и отказов работы смесительно-зарядных машин. *Горная промышленность*. 2020;(4):86–91. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-4-86-91.
2. ООО «АЗОТТЕХ»: оценка стоимости владения смесительно-зарядной техникой. *Горная промышленность*. 2019;(5):82–84. Режим доступа: <https://mining-media.ru/ru/article/burovoe/15187-ooo-azottekh-otsenka-stoimosti-vladieniya-smesitelno-zaryadnoj-tehnikoj>
3. Державец А.С., Галушко Ф.И. Аммиачная селитра для взрывчатых материалов. *Горная промышленность*. 2018;(6):48–49. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-6-142-48-49.
4. Альбрехт С.Н., Конохова Н.В., Евстифейкин К.В. Модифицированная пористая аммиачная селитра производства ООО «ААТЗ» – основа эффективных взрывных работ. *Горная промышленность*. 2020;(4):84–85. Режим доступа: <https://mining-media.ru/ru/article/burovoe/15990-modifitsirovannaya-poristaya-ammiachnaya-selitra-proizvodstva-ooo-aatz-osnova-effektivnykh-vzryvnykh-rabot>
5. Старшинов А.В., Костылев С.С., Куприянов И.Ю., Жамьян Ж., Гильманов Р.А. Влияние структуры частиц аммиачной селитры на детонационную способность смесевых взрывчатых веществ. *Горная промышленность*. 2017;(5):69–73. Режим доступа: <https://mining-media.ru/ru/article/burovoe/13011-vliyanie-struktury-chastits-ammiachnoj-selitry-na-detonatsionnyuy-sposobnost-smesevykh-vzryvchatykh-veshchestv>
6. Старшинов А.В., Костылев С.С., Куприянов И.Ю., Жамьян Ж. Некоторые проблемы и результаты повышения качества

- смесевых взрывчатых веществ для различных условий применения. *Вестник технологического университета*. 2016;(19):90–94. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-problemy-i-rezultaty-povysheniya-kachestva-smesevyh-vzryvchatyh-veschestv-dlya-razlichnyh-usloviy-primeneniya/viewer>
7. Кутузов Б.Н. *Методы ведения взрывных работ*. Ч. 1. Разрушение горных пород взрывом. 2-е изд., стер. М.: Горная книга; 2009. 471 с.
8. Тожибоев М.М., Абдулаева М.А., Хамракулова М.Х., Сайдазимов М.С. Методы снижения слеживаемости аммиачной селитры. *Universum: технические науки*. 2020;(1). Режим доступа: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8710>
9. Склянов В.И., Семькин Е.С. Борьба со слеживаемостью аммиачной селитры и механизированное заряжание Игданитом-П подземных зарядных машин на дневной поверхности. *Горная промышленность*. 2020;(1):164–167. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-164-167.

References

1. Morozova T.S. On Implementation of Expert Statistical Method in Assessment of Accident and Failure Probability for Mixing and Charging Machines. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(4):86–91. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-4-86-91.
2. AZOTTECH LLC: Cost of Ownership Assessment for Mixing and Charging Equipment. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2019;(5):82–84. (In Russ.) Available at: <https://mining-media.ru/ru/article/burovoe/15187-ooo-azotekh-otsenka-stoimostivladeniya-smesitelno-zaryadnoj-tehnikoj>
3. Galushko F.I., Derzhavets A.S. Ammonium nitrate for explosives. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2018;(6):48–49. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2018-6-142-48-49.
4. Albrekht S.N., Konokhova N.V., Evstifeikin K.V. Modified Porous Ammonium Nitrate by AATZ LLC is Key to Efficient Blasting Operations. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(4):84–85. (In Russ.) Available at: <https://mining-media.ru/ru/article/burovoe/15990-modifitsirovannaya-poristaya-ammiachnaya-selitra-proizvodstva-ooo-aatz-osnova-effektivnykh-vzryvnykh-rabot>
5. Starshinov A.V., Kostylev S.S., Kupriyanov I.Yu., Zhamyan Zh., Gilmanov R.A. Effect of Ammonium Nitrate Particle Structure on Detonation Capability of Mixed Explosives. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2017;(5):69–73. (In Russ.) Available at: <https://mining-media.ru/ru/article/burovoe/13011-vliyanie-struktury-chastits-ammiachnoj-selitry-na-detonatsionnyu-sposobnost-smesevykh-vzryvchatykh-veschestv>
6. Starshinov A.V., Kostylev S.S., Kupriyanov I.Yu., Zhamyan Zh. Some Challenges and Results for Quality Enhancement of Mixed Explosives for Various Applications. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*. 2016;(19):90–94. (In Russ.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-problemy-i-rezultaty-povysheniya-kachestva-smesevyh-vzryvchatyh-veschestv-dlya-razlichnyh-usloviy-primeneniya/viewer>
7. Kutuzov B.N. *Methods of blasting operations*. Part 1. Rock destruction by blasting. 2nd ed. Moscow: Gornaya kniga; 2009. 471 p. (In Russ.)
8. Tojiboyev M., Abdullayeva M., Khamrakulova M., Saydazimov M. Methods for reducing the collectivity of ammonium nitrate. *Universum: tekhnicheskie nauki*. 2020;(1). (In Russ.) Available at: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8710>
9. Sklyanov V.I., Semykin E.S. The fight against caking of ammonium nitrate and the mechanized loading with igdanite-P of underground charging machines on the day surface. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(1):164–167. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-164-167.

Информация об авторе

Морозова Татьяна Сергеевна – технический писатель, ООО «АЗОТТЕХ», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: t.morozova@azottech.ru.

Information about the author

Tatyana S. Morozova – Technical Writer, AZOTTECH LLC, Moscow, Russian Federation; e-mail: t.morozova@azottech.ru.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 10.02.2021
Поступила после рецензирования: 15.02.2021
Принята к публикации: 19.02.2021

Article info

Received: 10.02.2021
Revised: 15.02.2021
Accepted: 19.02.2021