

Применение передовых взрывных технологий даёт возможность горнодобывающим предприятиям сократить расходы на проведение взрывных работ посредством точного управления взрывом, включая контроль за бортами уступов, управление степенью дробления породы, сейсмичностью, вибрацией, звуковыми эффектами и общей безопасностью работ.

В связи с бурным развитием электронной промышленности и появлением миниатюрных микроконтроллеров у АО «НМЗ «Искра» появилась возможность создания импортозамещающих иницирующих устройств с электронными замедлителями. Такие средства инициирования получили название – электронные детонаторы. Для работы с электронными детонаторами были разработаны миниатюрные эргономичные устройства – сканер и бластер. Для проектирования взрывных работ было разработано специальное программное обеспечение.

Финансирование НИОКР по разработке электронного детонатора и устройств для его применения осуществлялось полностью за счет средств АО «НМЗ «Искра», поскольку предприятие постоянно следит за трендами в области передовых систем инициирования на мировом рынке и стремится не отставать от современных технологий ведения взрывных работ, имея в производстве аналогичные системы собственной разработки.

Основополагающим документом при проведении НИОКР являлось техническое задание (ТЗ). При создании ТЗ на новую импортозамещающую систему электронного инициирования были проанализированы технические характеристики существующих импортных систем электронного инициирования. Был проведен анализ необходимых и достаточных характеристик, чтобы в результате разработки получилась простая в использовании, дешевая, эффективная, не уступающая зарубежным аналогам, система. В таблице 1 приведены основные характеристики систем электронного инициирования.

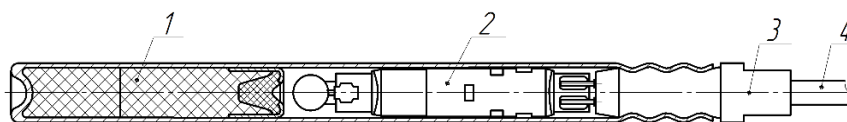
Таблица 1 – Основные технические характеристики существующих систем электронного инициирования.

Изготовитель	Наименование	Максимальное время замедления, мс	Шаг программирования времени замедления, мс	Точность замедления, %	Нагрузочная способность логгера, сканера, шт	Нагрузочная способность одного бластера/ максимальное количество, шт
Искра	НЕФРИТ-1	30 000	1	±0,2	400	400/10000
Orica	Icon™ III	30 000	1	±0,005	500	3000/3000
Hanwha	HiTRONIC™ II	50 000	1	±0,02	500	3000/63000
Enaex	DaveyTronic	16 000	1	±0,02	1 500	1500/4500
Austin Powder	E*STAR	20 000	1	±0,02	1600	1600/3200
Dyno Nobel	DigiShot Plus 4G	20 000	1	±0,01	400	1600/16000
Bme	Axxis Titanium	35 000	1	±0,02	3000	1000/20000

Проанализировав таблицу 1 можно увидеть, что все электронные системы инициирования имеют примерно одинаковые технические характеристики, в том числе и система электронного инициирования производства АО «НМЗ «Искра».

Основным элементом электронной системы инициирования является электронный замедлитель, размещаемый внутри капсуля электронного детонатора. Его электрические характеристики являются важнейшими и определяющими при разработке устройств для тестирования и инициирования электронных детонаторов.

Схематичное изображение электронного детонатора представлено на рисунке 1.



- 1 – капсуль-детонатор мгновенного действия;
- 2 – воспламенитель с электронным замедлением;
- 3 – герметизирующая пробка;
- 4 – выводной провод

Рисунок 1 – Схематичное изображение электронного детонатора.

Для работы с электронными детонаторами были разработаны два устройства – сканер и бластер.

Внешний вид разработанного устройства сканер показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид устройства сканер:

1 – быстрозажимные клеммы; 2 – подпружиненные контакты; 3 – устройство считывания матричных штрих-кодов; 4 – интерфейсный разъем для подключения Бластера; 5 – клавиши не задействованы; 6 – клавиша ПИТАНИЕ; 7 – клавиша ВВОД; 8 – клавиша ОТМЕНА; 9 – разъем для подключения зарядного устройства.

Внешний вид разработанного устройства бластер показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Внешний вид устройства бластер:

1 – быстрозажимные клеммы; 2 – интерфейсный разъем для подключения Сканера; 3 - разъем для подключения зарядного устройства. 4 – функциональная клавиша; 5 – клавиши ПОДРЫВ; 6 – клавиша ПИТАНИЕ; 7 – клавиша ВВОД; 8 – клавиша ОТМЕНА.

Для проектирования массовых взрывов специалистами АО «НМЗ «Искра» было разработано программное обеспечение, позволяющее создавать проект массового взрыва.

Внешний вид разработанного программного обеспечения для проектирования массового взрыва показан на рисунке 4.

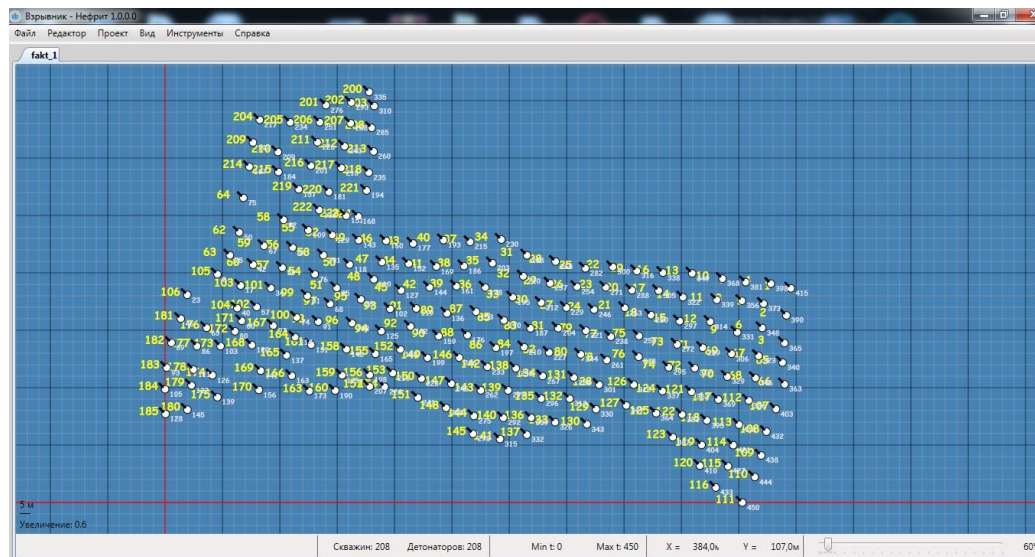


Рисунок 4 – Внешний вид программного обеспечения для создания проекта массовых взрывов - «НЕФРИТ-Взрывник».

При разработке электронной системы инициирования специалисты АО «НМЗ «Искра» столкнулись с тремя проблемами, потребовавшими научных изысканий.

Основная проблема была в сложности одновременной передачи электропитания и данных по двухпроводной длинной линии связи. Ни один из существующих стандартных интерфейсов не обеспечивал возможностей передачи данных на большие расстояния с одновременным обеспечением необходимых токовых характеристик для питания большого количества электронных модулей воспламенителей. Возникла необходимость разработки собственного интерфейса передачи питания и данных, основанном на принципе токовой петли, который обеспечивал бы надежную передачу питания и данных для электронных модулей воспламенителей и не вызывал бы искрообразование при коротком замыкании линии питания и данных.

Второй проблемой являлось нанесение воспламенительного состава на мостики накаливания электронных модулей воспламенителей. Конфигурация

вилочек жесткой шпалки не подходила для качественного нанесения воспламенительного состава по существующей технологии нанесения для электрических детонаторов. Потребовалось проводить научные изыскания по отработке воспламенительного состава и технологии его нанесения.

Третьей проблемой оказалась низкая устойчивость воспламенительных головок к ударным нагрузкам, возникающим при взрыве соседних скважинных зарядов. Были проведены опытные работы по упрочнению воспламенительных головок различными методами, самым эффективным из которых оказался метод групповой заливки воспламенительных головок компаундом. Для проверки стойкости воспламенительных головок к ударным воздействиям была разработана методика, позволяющая имитировать подобные воздействия в лабораторных условиях. Было предложено имитировать данный вид воздействия с помощью взрывания электрического детонатора в воде с размещением на расстоянии 15 см от него электронных детонаторов. При инициировании электрического детонатора происходил гидроудар, воздействующий на электронные детонаторы, сопоставимый с воздействием воздействий от взрыва соседних скважинных зарядов ВВ.

Применение электронной системы инициирования позволяет потребителям добиваться видимых результатов, выражающихся в экономическом и социальном эффектах, а именно:

- снизить сейсмическое воздействие на окружающую среду, охраняемые объекты, жилые и производственные здания;
- снизить воздействие ударной воздушной волны из-за отсутствия поверхностной сети, содержащей ВВ;
- получить необходимую степень дробления горной массы за счет точности времен замедлений, за счет применения встречного инициирования взрывчатых веществ в скважинных зарядах;
- расширить сетку бурения при том же качестве дробления, как и ранее, но с использованием гораздо меньшего количества ВВ.
- улучшить экологическую ситуацию за счет полной детонации ВВ в скважинных зарядах.

## **Освоение технологии массового производства электронных детонаторов.**

Для организации производства были разработаны технологические процессы изготовления электронных детонаторов, устройств сканер и бластер. На основании этих технологических процессов было разработано и изготовлено необходимое оборудование для проверки полуфабрикатов и готовых изделий, были разработаны и изготовлены приспособления, необходимые массового производства. На рисунках 5, 6 и 7 представлена часть разработанного оборудования, необходимого для серийного производства электронных детонаторов.



Рисунок 5 – Внешний вид устройства проверки модулей воспламенителей с электронным замедлением.



Внешний вид головки паяльной машины в процессе операции пайки показан на рисунке 6.

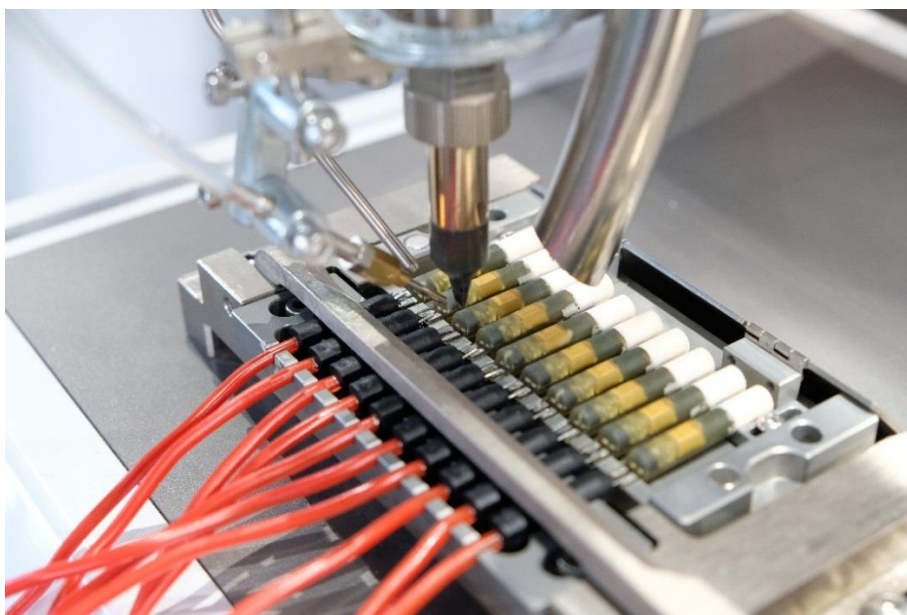


Рисунок 6 – Внешний вид головки паяльной машины.

Внешний вид устройства для считывания индивидуального номера электронного детонатора и печати этикетки приведен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Внешний вид устройства для считывания индивидуального номера электронного детонатора и печати этикетки.

**Выпуск готовой продукции (электронных детонаторов «НЕФРИТ-1»).**

В таблице 2 показан выпуск готовой продукции (электронных детонаторов «НЕФРИТ-1») по месяцам с января 2023 по январь 2024 года.

Таблица 2 – выпуск готовой продукции (электронных детонаторов «НЕФРИТ-1») по месяцам за период с января 2023 по январь 2024 года.

По месяцам	Количество, тыс. шт.
Январь 2023 г.	19,320
Февраль 2023 г.	24,848
Март 2023 г.	32,888
Апрель 2023 г.	23,150
Май 2023 г.	10,500
Июнь 2023 г.	56,448
Июль 2023 г.	27,420
Август 2023 г.	6,589
Октябрь 2023 г.	13,572
Ноябрь 2023 г.	14,950
Декабрь 2023 г.	16,930
Январь 2024 г.	23,570
<b>Итого:</b>	<b>270,185</b>

**Объемы реализации электронных детонаторов, устройств сканер и бластер.**

Объемы реализации электронных детонаторов «НЕФРИТ-1» и устройств сканер и бластер приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Объемы реализации электронных детонаторов «НЕФРИТ-1» и устройств сканер и бластер за 2023 год

Группа / Родитель / Номенклатура / Характеристика	Ед. изм.	Цена	в 2023 году	
			Количество	Сумма
<b>43 Продукция производственно- технического назначения</b>			<b>245,869</b>	<b>314 098 272,17</b>
Электродетонаторы			245,784	307 590 300,00
24168, ЭЛЕКТРОННЫЙ ДЕТОНАТОР "НЕФРИТ-1"			245,784	307 590 300,00
Провод выводной 12м	тыс. шт.	1 200 000,00	39,530	47 436 000,00
Провод выводной 16м	тыс. шт.	1 250 000,00	159,518	199 397 500,00
Провод выводной 20м	тыс. шт.	1 300 000,00	46,736	60 756 800,00
Прочая продукция			0,085	6 507 972,17
24429, УСТРОЙСТВО "НЕФРИТ-СКАНЕР"			0,040	3 054 727,27
	тыс. шт.	76 368 181,82	0,040	3 054 727,27
24430, УСТРОЙСТВО "НЕФРИТ-БЛАСТЕР"			0,045	3 453 244,90
	тыс. шт.	76 738 775,51	0,045	3 453 244,90
<b>ИТОГО:</b>			<b>245,869</b>	<b>314 098 272,17</b>



Анализ таблицы 3 показывает, что практически вся выпущенная продукция реализована потребителям. Повышенный спрос на электронные системы инициирования производства АО «НМЗ «Искра» связан с санкциями и уходом с рынка иностранных компаний-конкурентов. Санкции иностранных химических предприятий привели к сокращению выпуска неэлектрических систем инициирования у всех российских производителей, что привело к повышенному спросу на электронную систему инициирования.

### **Перспективы развития электронной системы инициирования.**

Перспективность разработки импортозамещающей электронной системы инициирования не вызывала никаких сомнений, поскольку весь мир стремится переходить именно на электронные системы инициирования из-за их возможностей и безопасности. Определяющим фактором при разработке являлся фактор цена/качество. Необходимо было разработать электронную систему инициирования, которая была бы дешевле аналогов, и не хуже их по качеству и удобству применения.

Практическая ценность разработки выразилась в освоении массового производства новой для предприятия продукции, что позволило создать новые рабочие места, обеспечить рынок современными средствами инициирования. На многих предприятиях на конкретных примерах удалось показать эффективность применения электронной системы инициирования для проведения взрывных работ.

В ближайшее время электронная система инициирования будет усовершенствована. Уже ведется разработка устройств сканер и бластер, которые смогут работать с 1000 шт. электронных детонаторов. Ведется разработка радиовзрывания, которая должна получить логическое завершение в конце 2024 года, чтобы применение электронной системы инициирования стало еще проще, удобнее и дешевле. Уже изготовлены образцы устройств бластер, управляемых по радиоканалу. Нет сомнений, что их испытание пройдет успешно и система радиовзрывания успешно будет внедрена у многих потребителей в России и ближайшего зарубежья.