

УДК 622.235

Лопатин Дмитрий Николаевич

зам. главного инженера по БВР
НАО «НИПИГОРМАШ»,
620024, г. Екатеринбург,
ул. Симская, стр. 1, оф. 19
e-mail: Lopatindn@mail.ru

Волков Андрей Валентинович

директор по производству ВМ и БВР,
НАО «НИПИГОРМАШ»
e-mail: volkov_av@npgm.ru

ОПЫТ МЕХАНИЗАЦИИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Аннотация:

Приведена краткая история развития научно-исследовательского и проектно-конструкторского института горного и обогатительного машиностроения – «НИПИГОРМАШ», обозначена его роль в механизации буровзрывных работ на отечественных предприятиях горной промышленности. Также подробно описано создание подземного смесительно-зарядного модуля МСЗП-4МЗ и представлено новое разработанное промышленное эмульсионное взрывчатое вещество НПГМ-П-П, применяемое при производстве взрывных работ по породам и рудам с содержанием сульфидов на земной поверхности и в подземных выработках, неопасных по газу и (или) угольной пыли, а также в подземных выработках, опасных по газу при условии применения инертзации призабойного пространства, исключающей воспламенение взрывоопасной среды.

Ключевые слова: смесительно-зарядная машина, эмульсионное взрывчатое вещество, НПГМ-П-П, МСЗП-4МЗ, конструкция и принцип работы зарядной машины, свойства взрывчатого вещества.

DOI: 10.25635/2313-1586.2022.03.128

Lopatin Dmitry N.

Deputy Chief Engineer for drilling
and blasting operations,
NAO "NIPIGORMASH",
620024 Ekaterinburg, 1 Simskaya Str.
e-mail: Lopatindn@mail.ru

Volkov Andrey V.

Director for the production of explosive materials
and drilling and blasting operations,
NAO "NIPIGORMASH"
volkov_av@npgm.ru

EXPERIENCE IN MECHANIZATION OF BLASTING OPERATIONS FOR UNDERGROUND MINING

Abstract:

The article presents a brief history of the development of the Research and Design Institute of Mining and Processing Engineering "NIPIGORMASH" and outlines its role in the mechanization of drilling and blasting operations at domestic mining enterprises. The paper describes the creation of an underground mixing and charging module MSZP-4MZ in detail and presents a new developed industrial emulsion explosive NPGM-P-II, which is used during blasting operations on rocks and ores containing sulfides – on the Earth's surface and in underground workings that are not dangerous for gas and (or) coal dust, as well as in underground workings that are dangerous for gas, provided that the inertisation of the face space is used, which excludes the ignition of an explosive environment.

Key words: mixing and charging machine, emulsion explosive, NPGM-P-II, MSZP-4MZ, design and principle of operation of the charging machine, properties of the explosive.

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 943 от 19 августа 1958 г., Совета Министров РСФСР № 1165 от 7 октября 1958 г. и Совета народного хозяйства Свердловского экономического административного района № 419 от 31 октября 1958 г. в этом же году в Свердловске на базе Свердловского филиала ЦНИИТМАШ организован научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горного и обогатительного машиностроения – «НИПИГОРМАШ», которому был передан строящийся завод горно-шахтного оборудования «Углемаш». Предприятие стало экспериментальным заводом «НИПИГОРМАШ», а сам институт, пройдя славный творческий путь, одним из ведущих горно-машиностроительных институтов страны.

В те времена в нем работали 18 научно-исследовательских конструкторских отделов и экспериментально-производственная база – Опытный завод. Институт специализировался на создании станков и инструмента пневмоударного, вращательного, шнекового бурения, шахтных бурильных установок, комплексов для проходки восстающих

выработок буровзрывным способом, погрузочно-транспортных машин, оборудования для механизации взрывных работ на открытых и подземных выработках.

В НИПИГОРМАШе были сконструированы и изготовлены *первые* в СССР комплексы для проведения восстающих выработок буровзрывным способом, позволившие в 2 – 3 раза увеличить скорость проходки, уменьшить трудоемкость и стоимость работ. Испытания нового комплекса машин для ведения очистных работ из восстающих выработок позволили повысить производительность труда в 3 – 4 раза при снижении себестоимости добычи руды. За создание производства и широкое внедрение этих комплексов группе сотрудников института была присуждена Государственная премия СССР.

Значительно облегчили труд горняков разработанные коллективом института машины для бурения и зарядания шпуров и скважин взрывчатыми веществами: буровые станки для пневмоударного и шнекового бурения на гусеничном и пневмоколесном ходу, бурильные установки для бурения шпуров при проходке выработок. Их применение позволило в 1,5 – 2,5 раза увеличить производительности труда, в 3 раза и более возросла стойкость новых штыревых коронок.

За 20 лет деятельности института принято к промышленному производству свыше 150 машин и механизмов, из них на уровне изобретений создано 90 % машин, получено 380 авторских свидетельств, в том числе четыре изобретения запатентованы в ведущих капиталистических странах.

НИПИГОРМАШ активно принимал участие в международных выставках, ярмарках и на ВДНХ СССР, где были представлены более 120 образцов продукции предприятия. Машины НИПИГОРМАШа девять раз отмечались дипломами, а 84 сотрудника были награждены медалями ВДНХ. Исследовательская работа института отражена в 900 научных статей, 10 монографиях и 17 сборниках научных трудов.

После 1978 г. на базе института НИПИГОРМАШ было создано НПО «Уралгормаш» и положение круто изменилось. Институт прекратил работать на перспективу, и творческие замыслы конструкторов не осуществились. Администрация НПО сориентировалась только на ближайших целях, поэтому долгое время принципиально новых машин не проектировалось. За пятилетку стали выпускать такое же количество горных моделей, как раньше за один год.

Машиностроительным заводам Урала стало невыгодно осваивать выпуск новых образцов горного оборудования из-за отсутствия отработанных технологий, производственных мощностей, мотивации у коллективов горных предприятий, материальной заинтересованности в модернизации производства. Такой позиции придерживались и руководители Уралгормаша. На первом месте у них был заводской план, на последнем – наука. Институт НИПИГОРМАШ оказался в объединении на вторых ролях и год за годом доживал свой «золотой век».

После выхода в 1987 г. из состава объединения НПО «Уралгормаш» институт несколько перестроечных лет занимался проектированием и изготовлением нестандартизированного оборудования для межрегионального хранилища Центрального банка России, строящегося на территории производственной площадки института. Было спроектировано и изготовлено более 1200 т банковского оборудования.

В это же время впервые в России была решена проблема бурения котлованов под опоры контактной сети в крепких породах скважинами диаметром до 550 мм при ремонте и электрификации железных дорог. По результатам исследовательских работ были разработаны и внедрены буровые комплексы УКБС для Южно-Уральской, Свердловской, Забайкальской, Дальневосточной и Северо-Кавказской железных дорог. Изготовленные институтом комплексы УКБС обеспечивали рост производительности труда по возведению опор контактной сети в 5 – 7 раз.

В переходный период 20 – 21 веков горнорудные предприятия находились в тяжелом финансовом положении и не заказывали изготовление новых образцов горной

техники, но по мере оздоровления экономики предприятий «НИПИГОРМАШ» вновь вернулся к своей специализации.

С 2012 г. организуется ПАО «НИПИГОРМАШ», которое стало вплотную заниматься вопросами комплексной механизации взрывных работ, вначале на открытых горных разработках (с 2015), а с 2019 г. – на подземных (Гайский ГОК, Учалинский ГОК, Кольская ГМК подразделение «Норникель», Удачинский ГОК ПАО «АК «Алроса» и др.).

Создание подземной смесительно-зарядной машины «МСЗП-4МЗ»

Модуль смесительно-зарядный подземный «МСЗП-4М» (Техническое описание и инструкция по эксплуатации СЕ74.00.000 ТО, АО «НИПИГОРМАШ», г. Екатеринбург, 2018) представляет собой зарядную установку, смонтированную на шасси PAUS, NORMET или CHAVMET и предназначенную для доставки невзрывчатых компонентов к месту изготовления и зарядания эмульсионных ВВ (ЭВВ), дозирования компонентов, их смешивания для изготовления ЭВВ «НИПИГОРМАШ» и зарядания восстающих взрывных скважин, а также горизонтальных и наклонных шпуров (рис. 1).

Основные параметры модуля «МСЗП-4М» представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры Модуля «МСЗП-4М»

Наименование параметров		Значения	
Грузоподъемность, т		4,0	
Техническая производительность, максимальная, кг/мин		60	
Рекомендуемый диаметр заряжаемых скважин, мм		89 – 102	
Глубина заряжаемых скважин не более, м		45	
Допустимое отклонение дозирования ВВ (от общей массы заряда, подаваемого в скважину), %		± 4	
Минимальная масса заряда, кг		10	
Привод рабочих органов		гидравлический	
Требуемый расход рабочей жидкости (РЖ), л/мин, не более		100	
Требуемое давление РЖ, бар, не более		200	
Требуемое напряжение питания, В		24	
Потребляемая мощность, Вт, не более		100	
Габаритные размеры, мм, не более		$L \geq 4700$	$B \geq 2200$ $H \geq 2200$
Масса модуля полная, кг, не более		7720 или 19670	
Вместимость бункера эмульсии, кг, не более		4000	
Вместимость бака под: (кг не более)	газогенераторные добавки (ГГД)		180
	воду		160
	ПК (опционально)		180
Общая масса компонентов, кг, не более		4420	

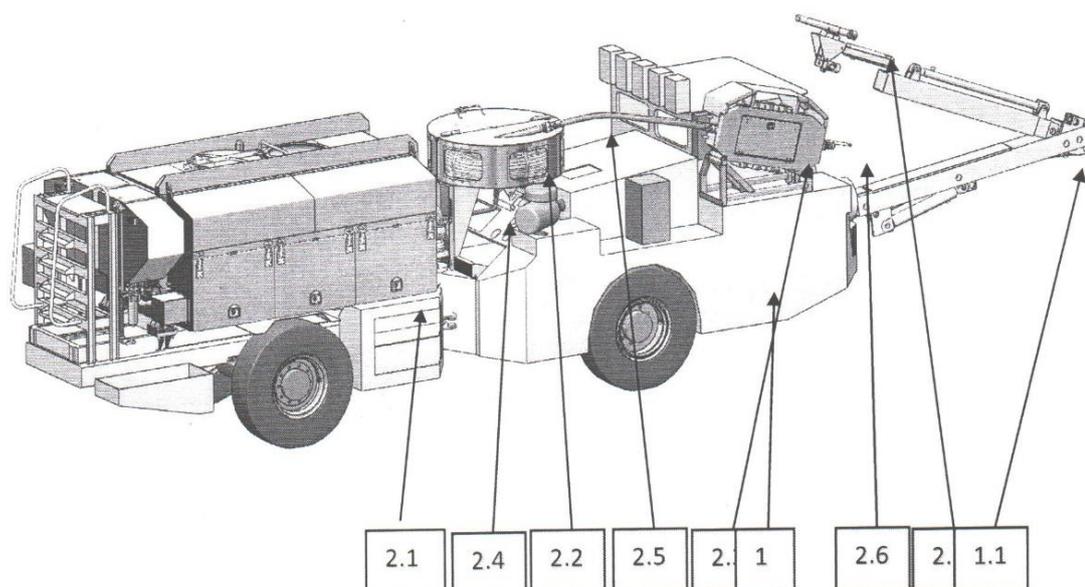


Рис. 1. Общий вид смесительно-зарядной машины МСЗП-4МЗ:

- 1 – шасси универсальное NORMET, CHARMEC; 1.1 – манипулятор; 2 – установка МСЗП-4МЗ;
2.1 – модуль; 2.2 – барабан; 2.3 – податчик, 2.4 – тракт подачи ЭВВ к барабану;
2.5, 2.6 – направляющий рукав; 2.7 – устройство рукавное

На базе шасси универсального (1) размещена установка МСЗП-4МЗ 2, позволяющая смешивать компоненты ЭВВ, подавать их в зарядный рукав, а также выполнять процессы зарядки ЭВВ в скважину.

Установка состоит из модуля (2.1), включающего в себя емкостное, насосное оборудование, комплект средств регулирующей и запорной аппаратуры барабана (2.2) с намотанным зарядным рукавом податчика (2.3).

Модуль (2.1) соединен с барабаном (2.2) при помощи тракта подачи ЭВВ к барабану (2.4). Барабан (2.2) соединен с податчиком (2.3) при помощи направляющего рукава (2.5). Направляющая (2.7), расположенная в самом конце манипулятора (1.1), соединена с податчиком (2.3) при помощи направляющего рукава (2.6).

Направляющие рукава служат для направленной подачи зарядного рукава, намотанного на барабане (2.2), при помощи податчика (2.3). Для точного направления зарядного рукава к скважине служит устройство рукавное (2.7). Дополнительно устройство рукавное служит для работы с рукавом для обводненных скважин с большим водопритоком.

Все оборудование приводится в действие при помощи гидросистемы. Работа установки основана на дозировании поршневыми насосами компонентов взрывчатого вещества, смешивании их в определенной пропорции, подаче через зарядный рукав и зарядке скважины приготовления ЭВВ.

Модуль позволяет изготавливать ЭВВ, смешивая компоненты по логике: эмульсия + газогенераторная добавка (ЭМ + ГГД).

Принцип работы заключается в следующем:

1. Вращение вала коробки отбора мощности передается на гидронасос, подающий масло через порт Р гидросистемы машины.
2. Гидросистема установки подключена к общей гидравлической системе шасси. Масло гидравлическое попадает по магистрали Р через гидрораспределители к гид-

роцилиндру насоса эмульсии, гидромотору насоса ГГД, податчику зарядного рукава и манипулятору.

3. Поршень насоса ЭМ подает эмульсию из бункера к тракту подачи ЭВВ, зарядному рукаву.

4. Подающий насос ГГД, вращаясь, подает компонент ГГД в определенной пропорции к узлу смазки, установленному перед трактом подачи ЭВВ.

5. Узел смазки обеспечивает ввод газогенерирующей добавки в тракт движения эмульсии, располагая ее между внутренней стенкой тракта и эмульсией, тем самым снижая трение при движении эмульсии по зарядному рукаву.

6. Зарядный рукав, намотанный на барабан, с помощью податчика и стрелы манипулятора подается в скважину на требуемую глубину.

7. Турбулизатор, установленный в конце зарядного рукава, обеспечивает смешивание компонентов и разбрызгивание готового ЭВВ в скважине.

На рис. 2 представлена конструкция Модуля МСПЗ-4МЗ.

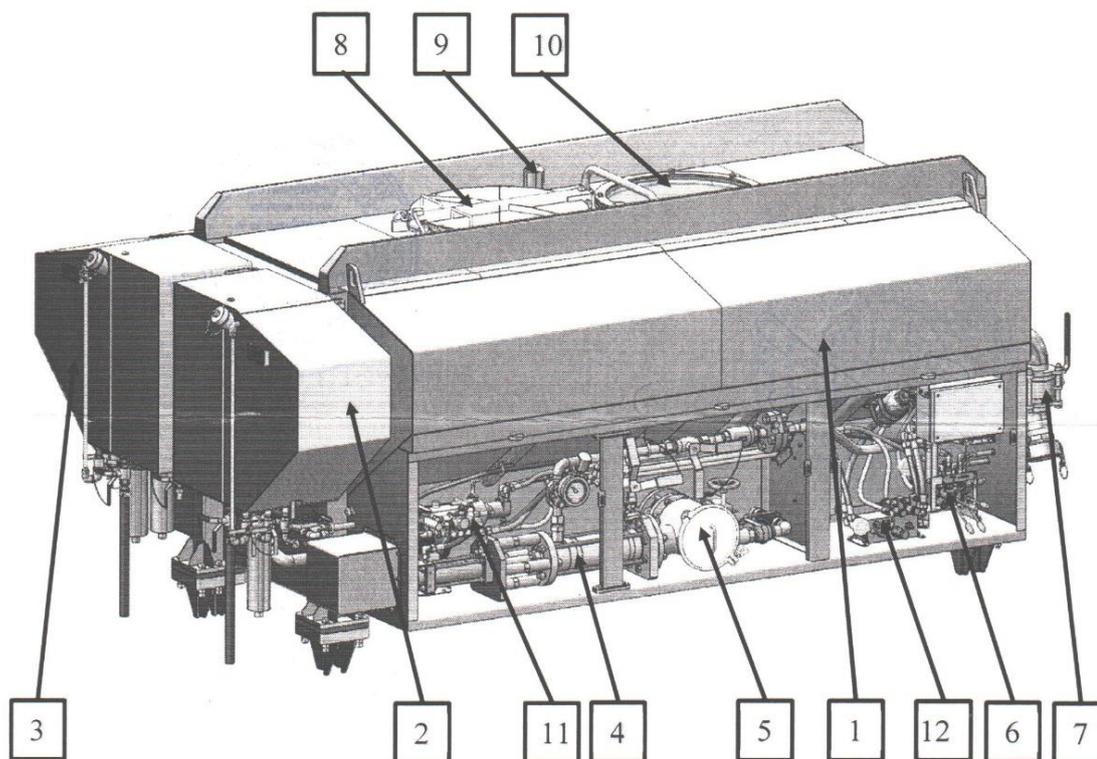


Рис. 2. Внешний вид модуля МСПЗ-4МЗ:

- 1 – бункер ЭМ; 2 – бак ГГД; 3 – бак воды;
- 4 – насос поршневой ПВ-600 (насос-дозатор Н1);
- 5 – фильтр эмульсионный (Ф1); 6 – распределитель гидравлический;
- 7 – кран заправки эмульсии (К9); 8 – люк; 9 – клапан дыхательный;
- 10 – стекло смотровое;
- 11 – насос плунжерный (насос-дозатор Н2); 12 – регулятор

Модуль МСПЗ-4МЗ состоит из бункера (1), силовой каркас которого, служит основой для установки остального оборудования. С одного торца бункера располагаются баки под компоненты ГГД (2) и воду (3).

Баки ГГД и Воды оборудованы нижним заливом и сливом компонентов, для чего конструкцией предусмотрен кран с быстросъемным соединением. При работе с ком-

понентом обязательно открывается сапун-перелив. В верхней части баков располагаются горловины, оборудованные сеткой, позволяющие производить корректировку и долив компонента методом налива.

Для обслуживания контроля состояния и безопасности бункера (1) предусмотрены люк (8), оснащенный защитной сеткой от попадания посторонних предметов двумя сапунами (9) и смотровым стеклом (10). Для доступа к верхней части бункера предусмотрена лестница.

Для заправки эмульсии в бункер (1) предусмотрен кран (9), для слива компонента – затвор (10).

По правому борту располагается основное оборудование, состоящее из насосов-дозаторов Н1 и Н2, эмульсионного фильтра Ф1.

Насосы-дозаторы Н1 и Н2 имеют гидравлический привод. Производительность насоса Н2 регулирует распределитель гидравлический (6) при помощи сигналов обратной связи САУ. Производительность насоса Н1 регулируется вручную при помощи регулятора (12).

САУ в свою очередь контролирует скорость движения дозирующих насосов при помощи датчиков ДО1, ДО2, ДО3 для насоса Н1, ДО4 – для насоса Н2.

Система автоматического управления служит для автоматизации работы установки МСПЗ-4МЗ в процессе приготовления ЭВВ и зарядки его в скважину. Система автоматического управления контролирует эксплуатацию оборудования в допустимых диапазонах и останавливает работу или регулировку параметров при выходе за разрешенный диапазон работы.

САУ состоит из панельного контроллера, установленного в кабине шасси; двух модулей ввода – вывода, для опроса датчиков технологического процесса; датчиков технологического процесса; органов управления (кнопки-переключатели).

САУ принимает часть управляющих сигналов, необходимых для работы установки МСПЗ-4МЗ, от системы дистанционного управления, что позволяет совокупно использовать штатную систему дистанционного управления и САУ установки МСПЗ-4МЗ. Это позволяет производить процесс зарядки скважины с выносного пульта дистанционного управления.

Разработка нового эмульсионного взрывчатого вещества НПГМ-П-П

В НАО НИПИГОРМАШ разработано и внедряется новое промышленное эмульсионное взрывчатое вещество НПГМ-П-П по ТУ 20.51.11-012-37945333-2019 специального класса «С» группы 2 по условиям применения, согласно Приложению 1 к техническому регламенту «О безопасности взрывчатых веществ и изделий на их основе» (НАО «НИПИГОРМАШ», г. Екатеринбург, 2019).

ПЭВВ «НПГМ-П-П» изготавливается на местах применения в процессе зарядки шпуров и скважин смесительно-зарядной машиной при производстве взрывных работ по породам и рудам с содержанием сульфидов на земной поверхности и в подземных выработках, опасных по газу и (или) угольной пыли, а также в подземных выработках, опасных по газу при условии применения инертизации призабойного пространства, исключающей воспламенение взрывоопасной среды при взрывных работах.

ПЭВВ «НПГМ-П-П» предназначено для отбойки сухих и обводненных горных пород с коэффициентом крепости до 18 по шкале проф. М.М. Протоdjаконова методом шпуровых и скважинных зарядов (в том числе восстающих шпуров и скважин) в температурном диапазоне окружающей среды от минус 30 °С до плюс 50 °С (табл. 2).

Таблица 2
Основные физико-химические и взрывчатые характеристики «НПГМ-П-Ш»

Характеристики	Норма для «НПГМ-П-Ш»
РАСЧЕТНЫЕ	
1.1. Кислородный баланс, %	-6,0
1.2. Теплота взрыва, Ккал/кг, или кДж/кг	686 2874
1.3. Объемная концентрация энергии, ккал/дм ³ при плотности от 1,05 до 1,15г/см ³	720 – 790
1.4. Тротиловый эквивалент по объемной концен- трации энергии	0,7
1.5. Объем газообразных продуктов взрыва, л/кг	1150
1.6. Объем ядовитых газов в пересчете на СО, л/кг	38
1.7. Идеальная скорость детонации (при плотности 1,15 г/см ³), км/с	5,4
1.8. Детонационное давление, кбар	45
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ	
2.1. Плотность состава, г/см ³ через 30 мин после введения ГГД	0,95 – 1,15
2.2. Скорость детонации открытого заряда диа- метром 200 мм при плотности п.2.1, км/с *	5,1
2.3. Критический (предельный) диаметр детона- ции открытого заряда, мм	45
2.4. Чувствительность к удару по ГОСТ 4545-88: • нижний предел, мм..... • частота взрывов, %.....	500 0
2.5. Чувствительность к трению на копре К-44-Ш: максимальное давление прижатия, МПа	> 300
2.6. Чувствительность к нагреву (метод дифференциально-термического анализа - ДТА)	Отсутствие экзотермического раз- ложения до температуры +170 °С. Интенсивное экзотермическое разложение при температуре от +200 °С.
2.7. Чувствительность к первичным средствам инициирования (ЭД, ДШЭ-12, ОШ)	Не чувствителен

Выводы

1. Создана современная подземная смесительно-зарядная машина «МСЗП-4МЗ», обладающая функциями доставки невзрывчатых компонентов к месту изготовления и заряжания ЭВВ, дозирования компонентов, их смешивания для изготовления ЭВВ и заряжания восстающих взрывных скважин, а также горизонтальных и наклонных шпуров. Смесительно-зарядная машина (СЗМ) «МСЗП-4МЗ» имеет систему автоматического управления, которая служит для автоматизации работы СЗМ в процессе приготовления ЭВВ и зарядки его в скважину, а также контролирует эксплуатацию оборудования в допустимых диапазонах и останавливает работу или регулировку параметров при выходе за разрешенный диапазон работы.



2. Разработано новое промышленное ЭВВ «НПГМ-П-П» для условий производства взрывных работ по породам и рудам с содержанием сульфидов на земной поверхности и в подземных выработках, неопасных по газу и (или) угольной пыли, а также в подземных выработках, опасных по газу при условии применения инертизации призабойного пространства, что исключает воспламенение взрывоопасной среды.