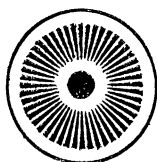


БЕЗОПАСНОСТЬ
БУРОВЗРЫВНЫХ
РАБОТ

А.А.ЕГУПОВ

**ВЗРЫВНЫЕ
РАБОТЫ
В УСЛОВИЯХ
МНОГОЛЕТНЕЙ
МЕРЗЛОТЫ**



БЕЗОПАСНОСТЬ
БУРОВЗРЫВНЫХ
РАБОТ

А.А.ЕГУПОВ

**ВЗРЫВНЫЕ
РАБОТЫ
В УСЛОВИЯХ
МНОГОЛЕТНЕЙ
МЕРЗЛОТЫ**



МОСКВА «НЕДРА» 1981

Егупов А. А. Взрывные работы в условиях многолетней мерзлоты. М., Недра 1981. 103 с. (Безопасность буровзрывных работ).

В книге рассмотрены вопросы безопасной техники и технологии взрывных работ в условиях многолетней мерзлоты. Изложены требования к взрывчатым веществам с учетом свойств разрабатываемых мерзлых пород, механизации и обеспечения высокого уровня безопасности. Рассмотрены условия безопасного применения игданита на открытых и подземных разработках, намечены технические направления совершенствования взрывных работ.

Книга предназначена для широкого круга работников, занимающихся взрывными работами в горнодобывающей промышленности и в строительстве.

Табл. 18, ил. 39, список лит. — 24 назв.

Редакционная коллегия:

В. С. Шаталов (председатель), Т. И. Королева и А. Г. Фридман (заместители председателя), А. А. Блинов (ученый секретарь), Б. Н. Кукиб, А. Н. Бугайский, Н. С. Бахаревич, С. К. Рубцов, В. Е. Александров, А. З. Гребеньков, Р. Г. Шмидт, В. Л. Барон, В. Ф. Носков.

Рецензент горн. инж. А. Г. Фридман
(Госгортехнадзор СССР)

Промышленное освоение районов Сибири и Дальнего Востока, богатых полезными ископаемыми, сопряжено с трудностями, обусловленными суровым климатом и многолетнемерзлым состоянием разрабатываемых пород. Большая часть северных окраин Сибири и Дальнего Востока находится в зоне распространения многолетнемерзлых пород, прочность которых в десятки раз больше, чем в талом состоянии.

Ведение буровзрывных работ в многолетнемерзлых породах связано с рядом трудностей, вызванных главным образом слабой изученностью их особенностей в этих условиях. Уникальный опыт взрывных работ в многолетнемерзлых породах накоплен при разработке золотоносных россыпей Магаданской области и Якутской АССР.

Применение заводских ВВ на отбойку мерзлых пород вызывает необходимость завоза в регион большого количества ВВ, что создает повышенную опасность на пути следования транспортных средств от заводов-изготовителей ВВ до приисков. Опасность эта увеличивается в связи с тем, что на пути следования ВВ претерпевают многочисленные перегрузки с одного вида транспорта на другой. Кроме того, в связи с сезонной навигацией в ряд районов время завоза ВВ на целый год работы ограничено. Поэтому возникают существенные трудности в организации безопасного и надежного хранения больших количеств ВВ.

В связи с изложенным задача эффективной подготовки мерзлых россыпей буровзрывным способом может быть решена только в результате значительного повышения скорости бурения скважин и снижения их стоимости, применения эффективных и безопасных ВВ, изучения особенностей разрушения мерзлых рыхлых крупнообломочных пород взрывом и разработки рациональных параметров и технологии буровзрывных работ, а также создания средств их комплексной механизации.

Одним из главных направлений создания безопасной техники и технологии буровзрывных работ на мно-

голетнемерзлых россыпях явилась осуществленная в СССР в широких промышленных масштабах замена опасных в обращении заводских ВВ более безопасными игданитами, изготавливаемыми на местах работы из невзрывчатых компонентов.

Цель книги — оказать практическую помощь специалистам, занимающимся буровзрывными работами в условиях многолетней мерзлоты. Автор выражает благодарность проф. д-ру техн. наук Г. П. Демидюку и горн. инж. А. Г. Фридману за ценные замечания и пожелания, сделанные при подготовке рукописи к изданию.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Многолетнемерзлые породы (рыхлые обломочные отложения, сцементированные в мерзлом состоянии льдом) являются сложной многокомпонентной системой, состоящей из твердых минеральных частиц, льда, весьма незначительного количества воды и воздуха. Гравийно-галечниковый и дресвяно-щебенистый материалы составляют жесткий каркас, сцементированный льдистым песчано-глинистым заполнителем. В таком состоянии на многие физико-механические свойства пород значительное влияние оказывает их гранулометрический состав. По мере увеличения крупности частиц монотонно изменяются и физические свойства пород. Однако при замерзании воды в горных породах резко изменяются ее физико-механические свойства. Значительно повышается прочность породы. Сцепление талых песчано-гравийных пород очень мало, для талых суглинков оно составляет $0,2\text{--}0,7 \text{ кгс/см}^2$,* в мерзлом же состоянии для наименее прочного суглинка при температуре минус $1\text{--}2^\circ\text{C}$ оно составляет $5\text{--}7 \text{ кгс/см}^2$.

Важной особенностью мерзлых пород являются их ярко выраженные реологические свойства. Мгновенная прочность мерзлой породы (оказывающая основное влияние на разрушение породы взрывом) гораздо выше длительной прочности. Так мгновенное сопротивление разрыву супесчано-глинистых пород при температуре $3,7\text{--}4,6^\circ\text{C}$ составляет $20\text{--}23,5 \text{ кгс/см}^2$, что в $15\text{--}16$ раз больше длительного сопротивления.

Гранулометрический состав многолетнемерзлых пород может быть самым различным — от тонко дисперсных до крупносkeletalных. Прочностные свойства такой породы под действием статических нагрузок в основном зависят от цементационных связей крупных обломков с льдистым заполнителем и прочностных свойств заполнителя. Петрографический состав породы имеет второстепенное значение, так как разрушение монолита породы происходит по контуру крупных обломков с запол-

* 1 кгс/см^2 соответствует $9,8 \text{ Н/см}^2$ в СИ.

нителем, либо по заполненным льдистым песчано-пылеватым материалам полостям между обломками. Это положение сохраняется и при динамических нагрузках, вызванных действием взрыва на массив крупноскелетной структуры. Практика буровзрывных работ показала, что дробление обломков, составляющих скелет породы, происходит только в ближней зоне к заряду.

Россыпные месторождения северо-восточных районов представлены многолетнемерзлыми галечно-щебенистыми отложениями весьма разного гранулометрического состава с примесью песка, супеси и суглинка. Мощность деятельного слоя составляет 1—2 м, ниже его породы находятся в состоянии многолетней мерзлоты. Температура многолетнемерзлых пород находится в пределах —1—10°С. Такие породы представляют монолитный массив с повышенной прочностной характеристикой.

Россыпные месторождения в многолетней мерзлоте разрабатываются открытым и подземным способами. Основными особенностями эксплуатации россыпных месторождений являются: производство горных работ при отрицательных температурах до —50°С (при более низкой температуре работы не ведутся); большая разбросанность горных объектов; сравнительно небольшие объемы производства горных работ на одном объекте и непостоянное местонахождение объектов.

На вскрыше торфов и добыче песков буровзрывные работы ведутся преимущественно в осенне-зимнее и весеннее время. Трудоемкость этих работ при подземной добыче песков составляет 30—40%, при рыхлении торфов 60—75%. Отсюда и значительный их удельный вес в общей стоимости горных работ.

Технология взрывных работ при разработке многолетнемерзлых россыпей в основном заимствована из опыта разработки скальных горных пород. При мощности торфов менее 2 м применяют шпуровой метод взрывания, более 2 м — скважинный метод. Стоимость используемых ВВ, особенно патронированных, — велика. Например, стоимость детонита 10А составляет 1000 руб/т, аммонита № 6ЖВ — 800 руб/т. Стоимость порошкообразных ВВ несколько ниже, но из-за высоких транспортных расходов она достигает в центральных районах Магаданской области 600 руб/т, на приисках Чукотки — 1000 руб/т.

Для предотвращения слеживания и просыпания ВВ при транспортировании и перевалках в местах перегрузок ВВ упаковывают в тару повышенной прочности (ящики, полиэтиленовые вкладыши и т. п.). Масса тары достигает 35% массы ВВ. Несмотря на дополнительную упаковку, ВВ зачастую доставляются на прииски в слежавшемся состоянии, и требуется дополнительное их разрыхление. Однако коэффициент использования энергии взрыва применяемых ВВ при разрушении мерзлых пород невелик.

Вскрышные работы и добыча песков открытым способом на приисках ведутся в основном в теплое время года (на протяжении 120—135 дней). Это объясняется более высокой производительностью бульдозеров на выемке талых пород и меньшей стоимостью вскрышных работ, проводимых в летнее время, по сравнению с их стоимостью в зимний период, когда необходимо рыхлить мерзлую породу. Однако ведение горных работ только в летние месяцы приводит к низкому коэффициенту использования землеройной техники, плохому использованию квалифицированной рабочей силы (бульдозеристов), ограничивает производственную мощность предприятия.

В связи с этим есть тенденция уменьшить влияние сезонности путем проведения вскрышных работ в зимнее время с рыхлением замерзшей породы буровзрывным способом. В этих условиях повышение эффективности буровзрывных работ и их безопасности является важной задачей, тем более, что наблюдается постоянный рост коэффициента вскрыши и увеличение глубины отработки россыпи. Кроме того, на прииски Северо-Востока продолжает поступать мощная землеройная техника, изготовленная в северном исполнении и приспособленная к круглогодичному использованию.

При вскрытии россыпных месторождений по рыхлым отложениям со значительным содержанием валунов перспективно бурение взрывных скважин вибровращательным способом, который сочетает в себе преимущества вращательного и ударного способов бурения и в зависимости от характера породы самонастраивается на оптимальный режим бурения. Диаметр скважин 105 мм, их глубина 3,5—5 м. Рыхление породы производят методом

массовых взрывов и так называемым траншейным методом.

По методу массового взрыва обуривают и заряжают весь блок. Число заряжаемых и взрываемых скважин за один прием достигает 1000 и более. Взрывание, как правило, мгновенное. Линия наименьшего сопротивления (л. н. с.) совпадает с осью скважины. Метод характеризуется низким коэффициентом использования энергии взрыва. У донной части скважины порода разрушается без рыхления. Убирать такую породу бульдозером затруднительно, так как на ноже бульдозера недостаточно усилие. Кроме того, в процессе работы бульдозер укатывает породу, за это время она частично смерзается, что еще более затрудняет ее уборку. Коэффициент использования скважин не превышает 0,6—0,7. Дробление породы неравномерное.

При массовых взрывах в ряде случаев невозможно обнаружить невзорвавшийся заряд (отказ). Поэтому при разработке взорванной горной массы бульдозерами существует опасность непредвиденного взрыва остатков ВВ отказавшего заряда. К недостаткам этого метода необходимо отнести и повышенное действие ударной воздушной волны и сейсмических волн при взрыве.

По траншейному методу вскрыши, свободному от этих недостатков, полигон делят на блоки, в каждом из которых проходят две траншеи буровзрывным способом с использованием тех же средств взрывания, что и на вскрыше торфов. В блоке создают четыре забоя: в одном бурят скважины, во втором выполняют их заряжание, в третьем — уборку взорванной породы, четвертый блок — резервный. Скважины бурят на всю глубину траншеи. После обуривания одного забоя буровые станки перегоняют в другой. За один прием взрывают не более двух рядов скважин.

Достоинством траншейного метода вскрыши торфов является и возможность уточнения литологического со-

Т а б л и ц а 1

Метод вскрыши	Удельный расход ВВ, кг/м ³	Выход породы с 1 м скважины, м ³	Себестоимость вскрыши, руб/м ³
Траншейный	1,04	7,3	1,56
Массовым взрывом	1,7	4,3	2,26

става слагающих пород при проходке траншей, что упрощает выбор параметров буровзрывных работ. Однако требуется четкая организация труда, постоянно необходимы землеройные машины для обеспечения бесперебойной работы бурового оборудования. Кроме того, производительность буровых станков несколько снижается из-за переездов из одного забоя в другой.

Траншейный метод вскрыши позволяет повысить полезное использование энергии взрыва и увеличить тем самым выход породы на 1 м скважины, снизить удельный расход ВВ и улучшить проработку подошвы уступа. Сравнение технико-экономических показателей вскрыши торфов (табл. 1) прииска «Широкий», применяющего траншейный метод вскрыши, с аналогичными показателями прииска «Мальдяк», вскрывающего торфа методом массового взрыва, показало, что траншейный метод дает возможность снизить удельный расход ВВ почти на 40% и увеличить выход горной массы с 1 м скважины в 1,7 раза.

2. ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА И МЕХАНИЗАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Выбор типа взрывчатого вещества. В основу выбора типа ВВ для разрушения мерзлых отложений взрывом положены требования: безопасности обращения; эффективности разрушения; минимальных затрат на буровзрывные работы.

Как известно, современная степень изученности основных явлений, происходящих при взрыве, позволяет управлять действием взрыва, в том числе и его продолжительностью. С увеличением времени действия взрыва на массив энергия ВВ выделяется более равномерно, отсутствуют крутые пики нарастания давления, вследствие чего в ближней зоне снижаются затраты энергии ВВ на переизмельчение горной массы. Это способствует увеличению коэффициента полезного использования энергии ВВ. Продолжительность действия взрыва можно изменить в известных пределах, используя ВВ с различными скоростями взрывчатого превращения (детонации). [6].

Для изучения влияния скорости детонации на удельные затраты энергии ВВ выполнены экспериментальные работы в производственных условиях [10]. В качестве критерия эффективности разрушения принят объем разрушения при коэффициенте использования шпуров (КИШ) не менее 0,8 м. Шпуры диаметром 40 мм и глубиной 1,5 м бурили перфораторами ПР-30РУ. Взрывание — огневое. Коэффициент заполнения шпуров во всех случаях 0,65.

Продолжительность действия взрыва изменяли, используя ВВ с различной скоростью детонации: детонит 10А — высоkobризантное ВВ (скорость детонации — 5500 м/с, теплота взрыва — 5000 кДж/кг); аммонит № 6ЖВ — среднебризантное ВВ (скорость детонации — 4000 м/с, теплота взрыва — 4280 кДж/кг); аммонал — от аммонита № 6ЖВ отличается большим запасом энергии (4650 кДж/кг); игданит — смесь гранулированной аммиачной селитры и дизельного топлива (теплота взрыва — до 3760 кДж/кг).

Анализ зависимости удельного расхода энергии при разрушении горных пород ($K_{ИШ}=0,85$) от скорости детонации ВВ (рис. 1) позволяет сделать следующие выводы.

Удельный расход энергии ВВ с увеличением скорости детонации увеличивается как с применением забойки, так и без нее. Так, при использовании аммонита № 6ЖВ удельный расход энергии с применением забойки составляет 5330 кДж/кг, при использовании детонита 6000 кДж/кг.

Удельный расход энергии ВВ с уменьшением скорости детонации изменяется во все убывающей степени, то есть кривая имеет тенденцию к выполаживанию. На основании математической обработки результатов исследований получена зависимость изменения удельного расхода энергии (кДж/кг) от скорости детонации, аппроксимированная с достаточной для практических целей точностью:

$$e = k(D - b)^2 + c, \quad (1)$$

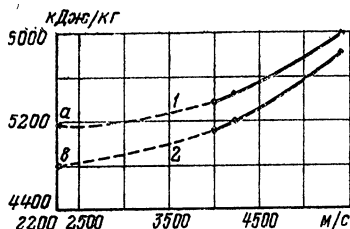
где D — скорость детонации, м/с; k, b, c — параметры, зависящие от горно-геологических и горнотехнических условий ведения взрывных работ и от величины и качества внутренней забойки шпуров.

Анализ полученной зависимости показывает, что существует оптимальная скорость детонации, обеспечивающая минимальный удельный расход энергии ВВ. Оптимальную скорость детонации находят из условия равенства нулю первой производной выражения:

$$[e]' = [k(D - b)^2 + c]' = 0, \quad D = b.$$

Рис. 1 Зависимости удельных затрат энергии ВВ от скорости детонации его:

1 — взрывание без забойки; 2 — взрывание с забойкой



Оптимальная скорость детонации зависит от горно-геологических условий ведения взрывных работ (физико-механических свойств горных пород) и от длины и качества внутренней забойки. При забойке оптимальная скорость детонации должна быть меньше, чем при ведении взрывных работ без нее.

В мерзлых крупноскелетных породах оптимальная скорость детонации составляет 2500 м/с при ведении взрывных работ без забойки, 2200 м/с — с забойкой.

В свою очередь, энергия заряда ВВ (ккал/м), приходящегося на 1 м шпура,

$$E = \frac{\pi d^2 k_{\text{зап}} q_{\text{э}}}{4000}, \quad (2)$$

где d — диаметр шпура, мм; $q_{\text{э}}$ — удельная объемная концентрация энергии ВВ, ккал/м.

Следовательно, длина шпура (м), приходящегося на 1 м³ горной массы,

$$q_{\text{бур}} = \frac{4000 [k(D-b)^2 + c]}{\pi d^2 k_{\text{зап}} q_{\text{э}}}; \quad (3)$$

$$q_{\text{бур}} = \frac{1}{ab\eta \sin \alpha}, \quad (4)$$

где a — расстояние между шпурами, м; b — расстояние между рядами, м; η — КИШ; α — угол наклона шпуров к плоскости забоя, градус.

Решив совместно уравнения относительно a и b , определяем

$$ab = \frac{\pi d^2 k_{\text{зап}} q_{\text{э}}}{4000 [k(D-b)^2 + c] \eta \sin \alpha}. \quad (5)$$

Расстояния между шпурами и рядами шпуров, оказывающие решающее влияние на технико-экономические показатели буровзрывных работ, прямо пропорциональны объемной концентрации энергии ВВ в шпуре (при заданном коэффициенте заполнения шпуров). Если применяются ВВ с одинаковыми концентрациями энергии, большую л. н. с. преодолевает то ВВ, скорость детонации которого ближе к оптимальной (2200—2500 м/с).

При замене ВВ в одинаковых горно-геологических условиях расстояние между шпурами (м) определяют по формуле

$$a_2 = \frac{ba_1q_{92} [k(D_1 - b)^2 + c]}{q_{91} [k(D_2 - b)^2 + c]}, \quad (6)$$

где a_1 и a_2 — расстояния между шпурами соответственно для применяемых и новых ВВ, м; q_{91} , q_{92} — удельные линейные концентрации энергии в шпуре, кДж/м; D_1 и D_2 — скорости детонации, м/с.

Таким образом, требования к характеристикам ВВ можно сформулировать следующим образом. В мерзлых крупноскелетных породах заряд ВВ должен иметь максимально возможную объемную концентрацию энергии при малой скорости детонации (2200—2500 м/с). Этим требованиям удовлетворяет заряд гранулированного ВВ (типа игданита), введенного в зарядную полость (шпур) с высокой плотностью заряжания, обеспечивающей повышенную объемную концентрацию энергии ВВ. Так, при замене аммонитов и аммоналов игданитами, заряжаемыми пневмозарядчиками с плотностью 1,1—1,15 г/см³, максимально преодолимая величина л.н.с. возрастает на 20—25%. Следовательно, на ту же величину сокращается объем буровых работ.

Игданит имеет следующие достоинства:

безопасен в обращении, особенно при транспортировании и хранении (компоненты, составляющие игданит, до смешивания не взрываются);

его компоненты в силу своей невзрывчатости перевозятся как обычные грузы, что позволяет упростить доставку ВВ к местам проведения взрыва и их хранение;

обеспечивает высокую концентрацию энергии ВВ в зарядной камере при механизированном заряжении шпуров и скважин и возможность использования россыпных ВВ в шпурах и скважинах любого направления;

стоимость игданита в два раза ниже применяемых ВВ. Однако вследствие дальности перевозок от заводов-поставщиков до приисков (особенно морским путем) и длительности хранения компонентов игданита на многочисленных базах и складах аммиачная селитра перувлажняется и сильно слеживается, особенно в осенний и летний периоды. Во время хранения ее влажность мо-

жет достигать 8%, а масса кусков слежавшейся селитры — 50 кг.

В связи с этим большое внимание уделяется обеспечению оптимальных свойств смеси аммиачной селитры с дизельным топливом (АС : ДТ), выбору, испытанию и созданию средств механизированного приготовления игданита и заряжания им шпуров и скважин.

Обеспечение оптимальных свойств игданита. Физико-механические свойства мерзлых рыхлых отложений влияют на детонацию смеси АС : ДТ. Вследствие малой прочности разрушаемая среда (временное сопротивление сжатию не превышает 50 кгс/см²) не является достаточно жесткой преградой расширяющимся продуктам взрывчатого разложения ВВ. Продукты взрыва разбрасываются быстрее, чем при взрывании крепких пород. Время химического превращения ВВ на фронте детонации не увеличивается, может даже уменьшаться. Интенсивное охлаждение реагирующего ВВ тормозит реакцию его взрывчатого превращения и может вызвать даже затухание детонации. Относительно быстрое расширение полости взрыва и интенсивное охлаждение реагирующего ВВ вызывает закалку термодинамического равновесия реакции взрыва, что приводит к торможению вторичных реакций при взрыве и, следовательно, к неполному выделению энергии ВВ. Кроме того, такая ситуация приводит к разбросу непрореагировавших частиц ВВ и, как следствие, к дальнейшему снижению выделяемой энергии при взрыве.

Учесть влияние указанных особенностей разрушения мерзлых рыхлых отложений и определить конечные продукты реакции можно только экспериментальным путем. Кроме того, на взрывчатые свойства игданита значительное влияние оказывает влажность аммиачной селитры.

При изыскании оптимальных условий выделения энергии игданитом определяли влияние отклонения содержания компонентов от нормативного. Исследовали влияние воды на взрывчатые свойства игданита, при этом воду добавляли в аммиачную селитру до смешения с дизельным топливом и после смешения.

Для приготовления игданита использовали гранулированную аммиачную селитру марки ЖВ, распределение гранул которой по классам крупности приведено в табл. 2.

Таблица 2

Проба	Распределение гранул (%) по размеру частиц, мм				
	0,7	+0,7—1	+1—1,5	+1—1,5	+1,5—2
1	19	21	36	24	—
2	8	17	41	34	—
3	11	24	33	29	3
4	9	18	38	35	—
5	10	19	39	32	—
6	34	25	25	16	—

Взрывчатые свойства игданита определяли методом воронкообразования. Показателем количества работы, выполненной взрывом, принята глубина воронки, образующейся при взрыве шпурового заряда, которую выражали через КИШ. Глубина шпуров — 1,5 м, длина заряда игданита — 1 м. Для предотвращения взаимного влияния зарядов расстояние между шпурами принимали не менее 2 м.

Шпуры заряжали пневмозарядчиком ПЗЖ. Плотность заряжания — 1,1 г/см³. Игданит испытывали с содержанием воды 0,26; 5; 10; 15%. Соотношение аммиачной селитры и дизельного топлива (АС:ДТ) изменяли от 96:4 до 93:7. В качестве боевика использовали патрон аммонита № 6ЖВ массой 200 г, инициирование — обратное.

Зависимость взрывчатых свойств игданита от содержания воды в смеси приведена на рис. 2. Верхние кривые характеризуют взрывание игданитом после смешивания аммиачной селитры с дизельным топливом. Анализ полученных зависимостей показывает, что порядок введения воды до смешивания селитры с дизельным топливом (рис. 2, а) или после него (рис. 2, б) незначительно влияет на взрывчатые свойства смеси.

В зависимости от соотношения компонентов АС:ДТ и массы промежуточного детонатора взрывчатые свойства ВВ исследовали методом наружных зарядов массой 0,9 кг. Заряды укладывали на горизонтальной площадке из плотного снега на расстоянии не менее 8 м один от другого, чтобы исключить взаимное влияние. В качестве промежуточного детонатора использовали патроны аммонита № 6ЖВ массой 100 и 200 г и отрезки ДШ дли-

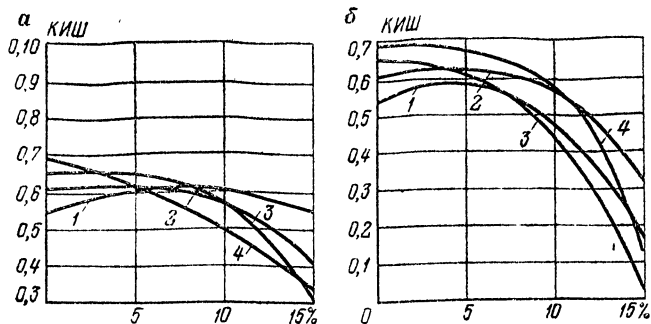


Рис. 2. Зависимости КИШ от количества воды в игданите:
1, 2, 3, 4 — смесь АС : ДТ соответственно 96 : 4; 93 : 7; 94 : 6 и 95 : 5

ной 0,2 м, связанные в два узла. Результаты экспериментальных работ приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, увеличение содержания дизельного топлива в смеси до 10% приводит к резкому ухудшению взрывчатых свойств игданита. Взрывание зарядов игданита состава 96 : 4, инициированных промежуточным детонатором из аммонита, а также детонирующим шнуром, дает высокие технико-экономические результаты. Для взрывания зарядов такого состава недостаточно инициирование только детонирующим шнуром (диаметр и глубина воронки при взрыве незначительны). При взрывании зарядов игданита состава 90 : 10 используемые промежуточные детонаторы не вызвали полное взрывчатое разложение — вокруг воронки обнаружены остатки несдетонировавшего игданита.

Таблица 3

Показатель	Номер опыта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Соотношение компонентов АС : ДТ, %	96 : 4		96 : 4			90 : 10			
Масса промежуточного детонатора*, г	100/200		100/200			100/200			
Глубина воронки, см	50	50	50	40	5	5	5	5	5
Диаметр воронки, см	120	120	130	130	130	40	40	40	40

* В числителе — аммонит, в знаменателе — ДШ.

Эффективность механизированного заряжания скважин и шпуров игданитом зависит от физико-механических свойств его компонентов.

При температуре 30°С игданит, приготовленный из гранулированной аммиачной селитры и зимнего дизельного топлива, характеризуется пониженной сыпучестью, зависает в бункерах и выпускных патрубках зарядных машин. В связи с этим затруднено пневмотранспортирование его по зарядным шлангам и зарядание. При этом в технологических операциях по приготовлению и особенно заряданию игданита существенное значение имеет вязкость применяемого дизельного топлива. При вязкости большей 20 сСт, существенно затрудняется смешивание компонентов.

В связи с тем, что дизельное топливо различных марок различается по фракционному и групповому составу углеводородов, дизельное топливо товарных сортов характеризуется сильно различающимися зависимостями вязкости от температуры. По мере утяжеления фракционного состава топлива влияние его группового углеводородного состава на вязкость как при положительных, так и при отрицательных температурах резко возрастает.

Для определения зависимости вязкости дизельного топлива от температуры наиболее применимо уравнения Фогеля — Фюльгера — Таммана

$$\lg V_t = \lg V_\infty + \frac{b}{1 - \theta} ,$$

где V_∞ — вязкость при бесконечно высокой температуре; b — температура, при которой вязкость возрастает в 1 раз; θ — температура, при которой вязкость обращается в бесконечность.

На рис. 3 приведены зависимости вязкости наиболее широко применяемых для приготовления игданита дизельных топлив от температуры.

Кроме того, при выборе типа дизельного топлива необходимо учитывать температуру не только окружающего воздуха в местах приготовления и зарядания игданита, но и температуру породы массива, так как возможны случаи, когда температура вмещающих пород существ-

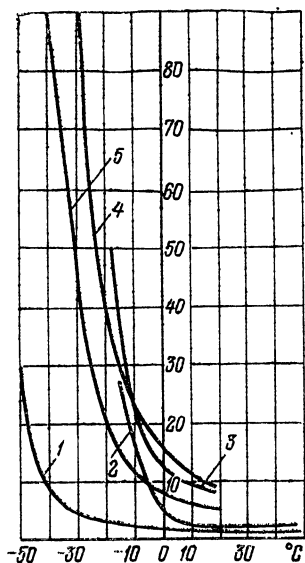


Рис. 3. Зависимости вязкости дизельного топлива от температуры:

1, 2, 3, 4, 5 для топлива марки соответственно ДЗ, ДЛ, Л, З и ДА

расположенными в соотношениях 6 : 1; 5 : 2; 4 : 3; 5 : 1; 4 : 2; 4 : 1; 3 : 2; 3 : 1 и 2 : 2.

Опыты проводили при температуре наружного воздуха -25 — -35°C . Сыпучесть определяли по времени истечения навески игданита массой 10 кг из воронки с углом раствора 60° , диаметр выпускного отверстия которой 27 мм, также по углу естественного откоса высыпавшегося игданита. Расстояние от разгрузочного отверстия до площадки 38 см.

Как показали эксперименты, удовлетворительны смеси аммиачной селитры с дизельным топливом, время истечения которых из воронки менее 78 с. Эти смеси, высыпаясь на ровную площадку, образуют конус с углом естественного откоса менее 37° . Смеси, образующие на площадке конус с углом более 37° , высыпаются через воронку только после встряхивания. Из испытанных сме-

венно выше температуры окружающего воздуха (особенно в зимнее время года), и помещенный в скважину игданит нагревается до температуры породы. При этом вязкость дизельного топлива снижается, в результате чего оно может стекать с гранул аммиачной селитры в нижние слои заряда, нарушая тем самым равномерность распределения компонентов в смеси.

При отыскании оптимального состава игданита испытаны смеси из аммиачной селитры, дизельного топлива и керосина. В ходе экспериментов испытывали различные соотношения жидкой горючей добавки и аммиачной селитры, увеличивали время от момента приготовления игданита до его заряжения. В качестве горючей добавки использовали топливо марки «З» (зимнее) и смеси дизельного топлива с керосином

сей только игданит состава 96:4 сразу после приготовления приобретает удовлетворительную сыпучесть, смесь состава 94:6 — через 2,5 сут., 93:7 — через 6 сут. С повышением сдерживания дизельного топлива снижается сыпучесть игданита (увеличиваются время истечения из воронки и угол естественного откоса). Смесь 95:5, отличающаяся, как установлено выше, оптимальными взрывчатыми свойствами, приобретает достаточную для механизированного применения сыпучесть через 1,5 сут. с момента ее приготовления.

Замена части дизельного топлива керосином привела к повышению сыпучести игданита (рис. 4). При использовании в качестве горючей добавки смеси дизельного топлива с керосином в соотношении 3:2 игданит состава 95:5 приемлем для механизированного заряжения при температуре наружного воздуха до -50°C .

Таким образом, специфические физико-механические свойства многолетнемерзлых отложений (небольшая прочность, отрицательные температуры) и низкие температуры смеси влияют на процесс механизированного заряжения игданита и результаты взрыва.

Максимально эффективна смесь аммиачной селитры с горючей добавкой в соотношении 95:5 с минимальным количеством воды. Наиболее эффективен игданит, приготовленный на основе гранулированной аммиачной селитры марки ЖВ: он безотказно взрывался даже в зарядах малого диаметра (40 мм).

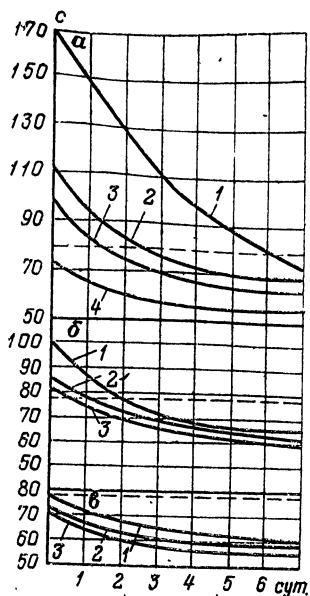


Рис. 4. Зависимость сыпучести игданита от времени хранения:

а — смесь АС : ДТ без керосина: 1, 2, 3, 4 — соответственно 93 : 7; 94 : 6; 95 : 5; 96 : 4; б — смесь АС : (ДТ+К) — 94 : 6; 1, 2, 3 — ДТ : К соответственно 3 : 1; 2 : 2; 4 : 0; в — смесь АС : (ДТ+К) — 95 : 5; 1, 2, 3 — ДТ : К соответственно 5 : 0; 4 : 1; 3 : 2

Гранулы аммиачной селитры марки В имеют высокую прочность и очень плотные поверхности, вследствие чего они плохо впитывают и удерживают дизельное топливо, что снижает стабильность физико-химических свойств игданитов и его детонационные характеристики. Наличие в этой селитре добавок из доломитной вытяжки также снижает взрывчатые свойства игданита, приготовленного на ее основе.

Упрочнение гранул происходит за счет увеличения концентрации плава, из которого происходит грануляция. Поэтому одним из мероприятий, позволяющих улучшить взрывчатые свойства игданита, может быть увеличение содержания воды в плаве аммиачной селитры при грануляции. В этом случае при грануляции, а также при хранении аммиачной селитры вода, испаряясь из гранул, вызывает образование в них микропор и микротрещин. В такие гранулы дизельное топливо проникает более интенсивно. Повышение детонационных свойств смеси может быть достигнуто частично в результате исключения из аммиачной селитры флегматизирующих добавок.

Одним из способов повышения стабильности игданита является включение в него таких веществ, которые обеспечили бы более тесный контакт между аммиачной селитрой и дизельным топливом, чем обычное механическое смешение.

Аммиачная селитра очень гигроскопична, в то время как дизельное топливо с водой не смешивается. Поэтому трудно обеспечить прочное сцепление этих двух компонентов при их смешении. Необходимо такое поверхностно-активное вещество, атомы которого имели бы сродство с водой и близкую связь с дизельным топливом, что обеспечило бы тесную связь между окислителем и горючим по принципу молекулярного сцепления и в конечном итоге — улучшение детонационных свойств игданита.

Исследована эффективность применения в качестве поверхностно-активных веществ серийно выпускаемых флотационных реагентов — собирателей [3]: анионных собирателей — асидола-мылонафта и ИМ-50; катионного собирателя АНП, для которых характерна несимметричная структура молекулы, состоящей из двух частей (аполярной и полярной), различных по своим свойствам. Эти вещества применяются для избирательной гидрофо-

бизации минералов, которая достигается в результате закрепления молекул или ионов на их поверхности.

Аполярная часть молекул представляет собой углеводородный радикал, слабо взаимодействующий с диполями воды и характеризуемый ясно выраженной гидрофобностью, связанной с присутствием у углеводородных радикалов весьма слабых боковых остаточных сил Ван-дер-Ваальса при больших величинах сил внутри углеводородных цепей. Полярная часть молекулы в противоположность аполярной отличается способностью к взаимодействию с водой и характеризуется ясной гидрофильностью.

Углеводородные жидкости, получаемые из нефти, в том числе и дизельное топливо, по своему составу и структуре являются аполярными соединениями, в которых отсутствуют полярные группы. Их закрепление на гранулах аммиачной селитры основано только на адгезии, которой зачастую бывает недостаточно для прочного закрепления дизельного топлива на гранулах.

В качестве поверхностно-активного вещества испытан дибутил (торговая марка «смачивателя ДБ»), который относится к группе молекулярнорастворимых поверхностно-активных веществ.

Эти вещества могут закрепляться на поверхности гранул аммиачной селитры своими полярными группами (чаще всего гидроксильными) с помощью довольно прочных связей, из которых главное значение имеет водородная связь между водородом гидроксила и атомом кислорода и азота аммиачной селитры.

Увеличение вязкости горючей добавки также повышает стабильность игданита, для чего исследовано применение смеси нефтяного битума с дизельным топливом.

При использовании парафина, петролатума или битума и дизельного топлива в качестве компонентов ВВ достигается качественно новый эффект. Равномерно распределенное по поверхности гранул аммиачной селитры в виде консистентной смазки такое покрытие устойчиво удерживается в системе без нарушения сплошности не только из-за большой вязкости, но и в результате образования стабилизированной граничной структуры.

Игданиты, стабилизированные описанным способом, отличаются повышенной водоустойчивостью: незагущенное дизельное топливо легко вытесняется водой, а кон-

систентный слой загущенного удерживается на гранулах значительно дольше.

В лабораторных условиях изучена стабильность взрывчатых смесей включением перечисленных выше добавок в механическую смесь в зависимости от времени с момента изготовления или заряжания. Для этого выполнены наблюдения за состоянием смеси в макетах скважин, представляющих собой стеклянные мерные цилиндры диаметром 46 мм и длиной 370 мм. Влияние добавок на удерживающую способность селитры исследовали калориметрическим способом, основанным на окрашивании игданита в процессе его изготовления и последующем изменении окраски по мере стекания горючего с гранул селитры. В качестве красителя применен красный судан. Содержание добавок в смеси приведено в табл. 4.

Таблица 4

Содержание, % по массе		Содержание, % по массе	
АС : ДТ	Добавки	АС : ДТ	Добавки
Аэросил		ИМ-50	
95 : 5	0,05	35 : 5	0,25
95 : 5	0,075	95 : 5	0,4
95 : 5	0,1	95 : 5	0,5
95 : 5	0,2		
Смачиватель ДБ		Битум	
94,5 : 4,5	1	95 : 4,4	0,6*
94 : 4	2	95 : 4,2	0,8
93,5 : 5	3,5	95 : 4,0	1,0
93 : 2	5	94,7 : 4,0	1,3
		94,3 : 4,0	1,7**
Асидол-мылонафт		АНП	
94,5 : 4,5	1	95 : 5	0,2
94 : 4	2	95 : 5	0,35
93,5 : 3	3,5	95 : 5	0,5
93 : 2	5		

* Соответствует соотношению по массе ДТ : битум, как 6 : 1

** Соответствует соотношению по массе ДТ : битум, как 2 : 1

Приготовленные навески игданита с добавками засыпали в макеты скважин. Опыты проводили при температуре окружающего воздуха -5°C . Влияние вводимых добавок на удержание дизельного топлива в смеси оценивалось по высоте окрашенного слоя стекшего топлива в донной части заряда. В качестве контрольного образца использовали игданит без добавок. Влияние добавок на удерживающую способность аммиачной селитры показано в табл. 5, из которой следует, что повышению адгезии дизельного топлива на гранулах в значительной степени способствуют введение в состав игданитов аэросила, смачивателя ДБ и загущение дизельного топлива петролатумом или нефтяным битумом.

Введение добавок аэросила в количестве 0,05% по массе недостаточно, так как через шесть часов отмечено стекание дизельного топлива в донную часть заряда (слой стекшего горючего 3 мм, а через 10 сут 15 мм, столько же, как и у игданита без добавок). Присутствие аэросила в игданите свыше 0,1% способствовало удержанию дизельного топлива в игданите в течение длительного времени. Так, при содержании аэросила 0,1% признаки миграции жидкого компонента замечены только на 5-е сут, а через 10 — слой стекшего топлива достигал 4 мм. При содержании аэросила 0,2% только через 10 сут в донной части заряда замечены небольшие капельки топлива.

Хорошие результаты получены при стабилизации игданита добавкой смачивателя ДБ, который вводили в аммиачную селитру вместе с дизельным топливом при температуре $+15^{\circ}\text{C}$. Несмотря на то, что смачиватель ДБ в дизельном топливе не растворялся, смесь трех компонентов (АС + ДТ + ДБ) имеет высокую стабильность. При содержании смачивателя ДБ 1% и дизельного топлива 4,5% миграция горючего наблюдалась только на четвертые сутки, а после десяти суток слой дизельного топлива достиг 12 мм, что на 3 мм меньше, чем у контрольного образца. При увеличении содержания смачивателя в смеси до 2% по массе и соответствующем уменьшении содержания дизельного топлива до 4% стекание жидкого компонента обнаружено лишь через 7 сут, а после 10 сут слой горючего в донной части заряда составил всего 4 мм. Взрывчатая смесь с 3% смачивателя ДБ и 3,5% дизельного топлива показала наи-

Таблица 5

Добавка к игланиту	Высота слоя стекающего дизельного топлива (мм) в зависимости от продолжительности отстоя модели, ч										Угол естественного откоса
	6	10	21	48	72	96	120	144	168	240	
Без добавки	5	6	9	12	14	15	17,	18	19	22	36°36'
0,1% аэросила	—	—	—	—	—	—	—	Признаки стекания	—	4	35°12'
2% ДБ	—	—	—	—	—	—	Признаки стекания	4	—	5	38°10'
0,6% ДБ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Следы	40°23'
3% ДБ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40°32'
1,2% петролатума	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43°34'
0,43% битума	—	—	5	6	6	7	7	8	8	8	36°16'
0,6% битума	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36°40'
1,2% битума	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	36°40'
5% отработанного масла	3	5	9	13	15	16	17	17	18	20	—

Примечание. Аммиачная селитра марки Б влажностью 0,54%; ДБ — смазватель ДБ. Опыты проводили при температуре наружного воздуха 15°C.

более высокую стабильность — в течение пятидесятидневного хранения стекания дизельного топлива не наблюдалось.

Добавление 15—35% битума к дизельному топливу полностью исключает стекание горючей добавки. Однако введение в состав игданита смачивателя ДБ и битума ухудшает его сыпучесть, что затрудняет механизированное зарядание, особенно при температуре наружного воздуха ниже -50°C . Сыпучесть оценивали углом естественного откоса высыпавшейся из воронки навески игданита при температуре -5°C . Величины углов естественного откоса приведены в табл. 5.

Взрывчатые свойства игданитов определяли в полигонных условиях методом воронкообразования. Показателем количества работы, выполненной взрывом, принят объем воронки выброса, образующейся при взрыве.

Скважины бурили вертикально в толще рыхлых отложений. Глубина скважин — 1,9 м, диаметр — 105 мм, масса заряда — 10 кг. Для предотвращения взаимного влияния зарядов расстояние между скважинами принимали не менее 6 м. В качестве боевика использовали патроны аммонита № 6ЖВ общей массой 1 кг. Способ взрывания — электрический, инициирование — обратное.

Скважины заряжали пневмозарядчиком ЗП-25 конструкции КазПТИ. Результаты опытных взрывов, приведенные в табл. 6, показывают, что введение добавок аэросила не оказывает существенного влияния на взрывчатые свойства игданита. В результате взрывов скважинных зарядов игданита с добавкой смачивателя ДБ (масса заряда 10 кг) объем воронки выброса при прочих равных условиях на 60% больше по сравнению с взрывом зарядов игданита без добавок.

Изготовление игданита. Учитывая большую разбросанность горных работ, были выполнены исследования по разработке способов доставки и хранения компонентов и изысканию рациональных схем приготовления игданита и его зарядания.

При проведении исследований по изысканию рациональной и безопасной конструкции комплекса механизмов пунктов по приготовлению игданита особое внимание уделено созданию машины для приготовления игданита. Аммиачная селитра может слеживаться в глыбы

Таблица 6

Добавка к игданиту	Длина сква- жин, мм	Длина заря- да, мм	Средний диаметр воронки, м	Л и с. м	Глубина воронки выброса, м	Объем ворон- ки вы- броса, м³
Без добавки	1,85	1,5	3,6	1,6	0,65	2,2
То же	1,9	0,7	3,67	1,55	0,95	3,35
»	1,8	0,6	3,77	1,5	0,99	3,68
»	1,95	0,6	3,82	1,65	0,77	2,94
1% А	1,85	0,45	3,55	1,63	0,95	3,13
1% А	1,7	0,45	3,12	1,48	0,63	1,6
1% А	2,05	0,95	3,65	1,58	0,85	2,96
1% А	1,85	0,65	3,65	1,62	1,05	3,66
1% ДБ	1,75	0,55	3,55	1,48	0,95	3,13
1% ДБ	2,1	0,95	3,65	1,63	0,8	2,79
2% ДБ	1,8	0,8	4,07	1,4	1,05	4,55
2% ДБ	1,85	0,7	4,17	1,5	1,0	4,55
2% ДБ	1,8	0,8	4,17	1,4	1,15	5,23
2% ДБ	2,2	1,2	4,35	1,6	1,05	5,2

Средние показатели взрывов

Без добавки	1,88	0,6	3,71	1,57	0,84	3,0
А	1,88	0,66	3,53	1,55	0,87	2,9
Смачиватель ДБ	1,91	0,87	4,19	1,5	1,06	4,9

Примечание А — аэросил, ДБ — смачиватель

размером до 400 мм, и перед изготовлением игданита из такой селитры необходимо восстановить ее сыпучесть, не нарушая целостность гранул. Для взрывания в подземных условиях требуется исключительно высокая точность стехиометрического соотношения компонентов при большой производительности механизмов по приготовлению взрывчатой смеси. Между тем правилами безопасности допускается только циклическое приготовление смеси, когда применяются малопроизводительные механизмы даже на дневной поверхности.

При разработке устройства для восстановления сыпучести аммиачной селитры для сравнения выполнено рыхление селитры в дробилках разных типов. Из них наилучшие результаты показали дробилки со скребковым механизмом рыхления селитры. В связи с этим в конструкции смесителя принят скребковый механизм восстановления сыпучести селитры с последующим про-

сеиванием ее перфорированным тарелом ротора рыхлителя.

Для выбора оптимальной схемы приготовления игданита и параметров машин были исследованы известные конструкции смесителей игданита и выполнены промышленные испытания с целью выбора рациональной и безопасной технологии смешивания [11, 12, 13, 16].

Испытано два типа смесительных устройств: растворомешалка С-220 и эжекторный пневматический смеситель ПСЭ-1. Производительность приготовления игданита в растворомешалке — 500 кг/ч. Пневматический смеситель ПСЭ-1, работая по непрерывной схеме с производительностью 3000 кг/ч, обеспечивал равномерное распределение горючей добавки в аммиачной селитре. Однако с изменением температуры воздуха от -3 до -60°C изменяется вязкость дизельного топлива, а следовательно, изменяется и его количество, проходящее через калиброванное отверстие в смеситель, вследствие чего изменяется и заданное соотношение компонентов игданита.

Для изыскания способов контроля соотношения компонентов игданита и равномерности их смешивания исследована возможность применения калориметрического метода, основанного на окрашивании игданита в процессе приготовления. Установлено, что наиболее эффективно применение красителей типа суданов, хорошо растворяющихся в углеводах и нерастворимых в воде. Судан красный (ТУ МХП-4-68—41) придает игданиту цвета от бледно-розового до бордового в зависимости от его концентрации. Наиболее рационально содержание судана в дизельном топливе 0,5%, при котором смесь АС:ДТ приобретает ярко-красный цвет.

При неравномерном смешивании игданит приобретает неравномерную пятнистую окраску. В этом случае необходимо дополнительное перемешивание до получения равномерной окраски игданита.

При отсутствии уверенности, что содержание горючей добавки в игданите равно заданному, целесообразно пользоваться эталоном калориметрического ряда. Эталоном служат образцы игданита в соотношении компонентов АС:ДТ 96:4%, 95:5%, 94:6%, 93:7%, 92:8%.

Эталонные образцы изготавливаются в пункте приготовления игданита и помещаются в пробирки. В зависимости от соотношения

ношения компонентов АС: ДТ окраска игданита приобретает следующие оттенки:

Соотношение компонентов АС: ДТ (содержание судана в дизельном топливе 0,5%)	96 : 4	95 : 5	94 : 6	93 : 7	92 : 8
Цвет игданита	Розовый	Алый	Красный с бордовым оттенком	Темно-красный с бордовым оттенком	Бордовый

Сравнивая цвет игданита с цветом эталонного образца калориметрического ряда, определяется соотношение компонентов АС: ДТ, и при необходимости состав регулируется в нужную сторону.

Для контроля соотношения компонентов игданита составлена калориметрическая шкала, а на смесителе установлен регулятор расхода дизельного топлива. Сравнивая интенсивность окраски игданита с эталоном, определяли соотношение компонентов АС: ДТ. Для получения игданита необходимой окраски изменяли подачу дизельного топлива.

Недостаток смесителя ПСЭ-1 — отсутствие механизма для рыхления слежавшейся селитры. Так, на прииске «40 лет Октября» производительность смесителя при использовании слежавшейся селитры составила 11,2 кг/мин, коэффициент использования паспортной производительности машин — 0,244.

Смесительная установка ИСИ-1 для приготовления игданита из слежавшейся аммиачной селитры разработана на базе серийно выпускаемой заводом Ишимсельмаш установки ИУС-4 (для измельчения слежавшихся минеральных удобрений).

В лабораторных, заводских и производственных условиях проведены испытания различных схем смешивания. В результате разработана рациональная схема с реверсивным шнеком с переменным шагом витков по длине и двухплечевой системой впрыска дизельного топлива: в камеру смешивания — при циклической схеме при-

готовления игданита; в трубу винтового конвейера — при непрерывной схеме приготовления.

Винтовой конвейер смесителя выполнен самостоятельным механизмом, что позволило увеличить угол наклона конвейера с 20° до 53° и тем самым увеличить высоту выгрузки до 5 м. При угле 53° конвейер подает игданит непосредственно в аккумулирующий бункер. Такая схема применяется на централизованных пунктах приготовления игданита. При угле 20° конвейер загружает игданит непосредственно в зарядную машину. Эта схема используется для приготовления игданита на кратковременном пункте или на полигоне.

Комплекс этих механизмов широко применяется на приисках производственного объединения Северовосток-золото. Комплекс для приготовления игданита (рис. 5) предназначен для восстановления сыпучести аммиачной селитры, просеивания и смешивания ее с дизельным топливом, транспортирования приготовленной смеси для загрузки в зарядные установки или в промежуточные бункеры [15].

Техническая характеристика комплекса

Производительность, т/ч:	
по циклической схеме	0,6
по непрерывной схеме,	4,0
Емкость, л:	
бункера-измельчителя	300
камеры смесителя	400
Частота вращения, об/мин:	
смесителя	112
конвейера	150
Основные размеры смесителя, мм	3670×1220×1840
Длина шнекового конвейера, мм	7470
Угол наклона конвейера, градус	20—55
Диаметр шнека, мм	200
Емкость бункера, м ³	4,5

Комплекс для приготовления игданита состоит из измельчителя-смесителя ИСИ-II, шнекового конвейера ТШ-I и погрузочного бункера.

Измельчитель-смеситель ИСИ-II состоит из измельчителя 1 (рис. 6), смесителя 2, шнека 3 и системы подачи дизельного топлива 4.

Рыхлитель оборудован вращающимся тарелом-ротором, приводимым в движение через редуктор электро-

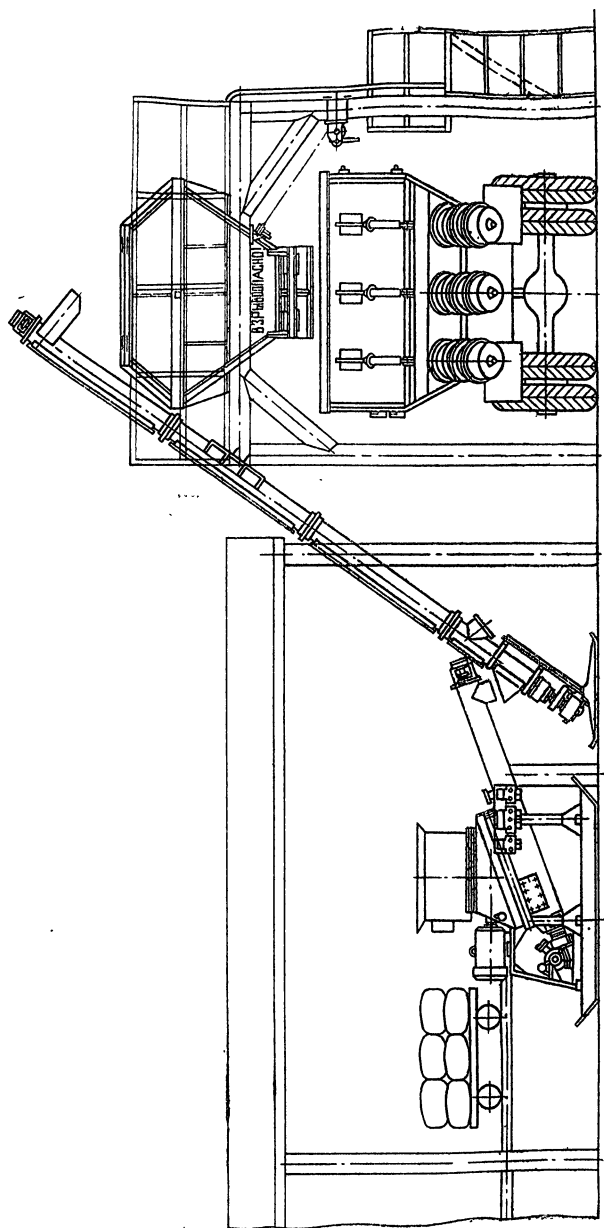


Рис. 5. Комплекс для приготовления игданита

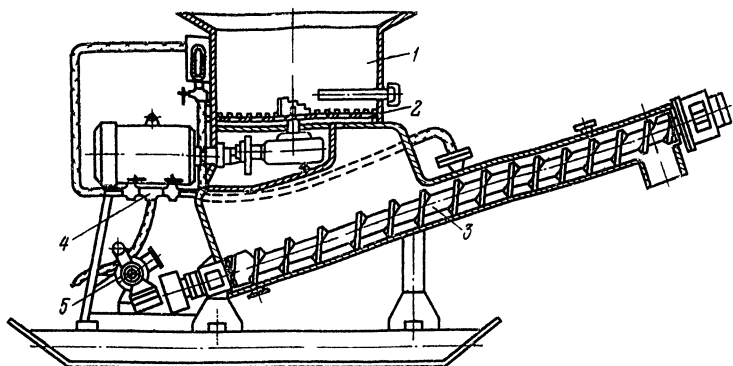


Рис. 6 Измельчитель — смеситель игданита ИСИ-II

двигателем мощностью 7 кВт. Рыхление слежавшихся кусков аммиачной селитры производится четырьмя фрезами, установленными на вращающейся тарели ротора. Разрыхленная селитра поступает в камеру смешивания через перфорацию тарели. В камере смешивания установлен шнек с переменным шагом витков.

Шнек смесителя предназначен для смешивания аммиачной селитры с дизельным топливом. Шнек приводится во вращение электродвигателем мощностью 2,5 кВт. От этого же двигателя приводится во вращение шестеренчатый насос 5 для подачи дизельного топлива. Приводом от одного двигателя обеспечивается синхронная работа шнека смесителя и топливного насоса.

Система подачи дизельного топлива предназначена для перекачки его из бака в камеру смешивания или трубу шнека в зависимости от схемы приготовления игданита (в камеру смешивания — по циклической схеме, в трубу конвейера — по непрерывной схеме).

Шнековый конвейер оборудован разъемным кожухом, приводом шнека с электродвигателем, червячным редуктором и муфтой предельного момента.

Корпус смесителя предназначен для крепления всех составных частей установки ИСИ-II и представляет собой цельносварную конструкцию, которая состоит из несущей рамы, снабженной полозьями, и бункера. Бункер-измельчитель цилиндрической формы выполнен из лис-

товой стали. Рабочий орган измельчителя приводится во вращение через редуктор и зубчатую передачу электродвигателем мощностью 7,5 кВт.

Разгрузочный бункер, предназначенный для размещения приготовленного игданита, представляет собой сварную металлоконструкцию пирамидального типа. Предусмотрены два выпускных отверстия сечением 350×800 мм, постоянно закрытые двумя клапанными затворами. Клапанные затворы открываются с помощью ручной лебедки с максимальным тяговым усилием 3,9 кгс. Для закрывания затворов используются четыре контргруза.

По циклической схеме рекомендуется готовить игданит для подземных работ, где необходимы высокая точность соотношения аммиачной селитры и дизельного топлива и тщательное перемешивание компонентов. Это связано с тем, что при отклонении соотношения компонентов от стехеометрического при взрыве резко возрастает количество ядовитых газов в продуктах детонации.

В бункер измельчителя загружают 100 кг аммиачной селитры. Включают измельчитель и шнек смесителя, который, работая в режиме смешивания, подает аммиачную селитру на заднюю стенку корпуса смесителя. Рабочий орган измельчителя разрыхляет комки селитры, которая затем поступает в корпус смесителя. Одновременно из дозатора по трубопроводу и оросителю дизельное топливо поступает в камеру смешивания. Процесс смешивания продолжается в течение 5—8 мин. После перемешивания смесь выгружают, изменяя направление вращения шнека смесителя, одновременно включают шнековый конвейер.

Игданит загружают либо в мешки — через затвор секции винтового конвейера, либо в бункер или машину — через верхнее загрузочное окно.

Если игданит предназначен для открытых работ, систему подачи дизельного топлива настраивают на режим непрерывного приготовления, когда поддержание заданного соотношения компонентов игданита связано с соотношением производительностей шнека смесителя и шестеренчатого насоса подачи дизельного топлива.

При разработке многолетнемерзлых пород наиболее широко применяется приготовление игданита на централизованном пункте (рис. 7).

В такой пункт входят здание для изготовления игданита 1, хранилища аммиачной селитры 2 и дизельного топлива, механизмы для разгрузки аммиачной селитры и доставки ее от хранилища до смесителя, установка для приготовления игданита и его погрузки (рис. 8).

Пункт приготовления игданита оборудуют, как правило, на территории, примыкающей к расходным складам или на местах работы. При наличии на пункте игданита или аммиачной селитры обязательна его круглогодичная охрана.

Централизованный пункт приготовления игданита ограждается со всех сторон. Высота ограды не менее 1,5 м. Расстояние ограды от штабеля с аммиачной селитрой и здания приготовления игданита не менее 20 м.

Здание для приготовления игданита располагается от хранилища аммиачной селитры на расстоянии, исключающем передачу детонации от смесительного устройства и помещения для хранения игданита к складу аммиачной селитры, и определяется в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах». Здание располагают, как правило, ниже уровня площадки хранилища, если рельеф местности позволяет, или на одном с ним уровне и строят из негорюемых материалов (шлакоблоков, алюминиевых панелей с негорюемым утеплителем и др.) или из дерева с двухсторонней штукатуркой.

Для создания благоприятных условий работы в зимнее время помещение для приготовления игданита, как правило, отапливают. В качестве отопителей используют электрические калориферы в закрытом исполнении, масляные нагреватели, коаксильные и водяные котлы. Все отопители, кроме масляных нагревателей, должны размещаться в помещениях и отделяться от помещения для приготовления игданита стеной из негорюемых материалов с отверстиями для циркуляции воздуха, закрытыми металлическими сетками. В деревянном здании обогрев калорифером разрешается только в случае установки его в отдельном здании не ближе 3 м от здания приготовления игданита. При этом калорифер должен быть соединен с ним трубой из теплоизоляционных и не-

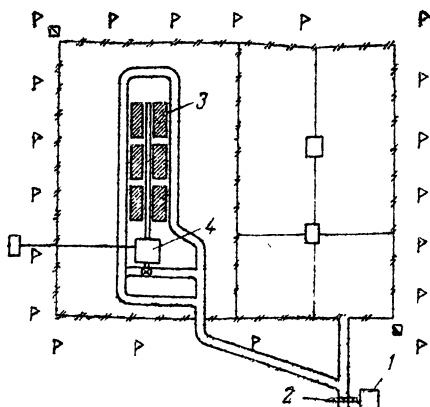


Рис. 7. Централизованный пункт приготовления игданита:

1 — караульное помещение, 2 — шлагбаум; 3 — хранилище; 4 — здание подготовки игданита

сгораемых материалов. Температура отапливаемых помещений не должна превышать 30°C .

Поступающую в мешках аммиачную селитру хранят в штабелях емкостью каждую до 54 т. Каждый штабель необходимо разместить на настиле под навесом или накрыть брезентом. Суммарная емкость всех хранилищ аммиачной селитры на централизованном пункте устанавливается в соответствии с потребностью предприятия.

Предназначенное для приготовления игданита дизельное топливо должно находиться в металлических емкостях. В здании приготовления игданита разрешается хранить только промежуточные емкости дизельного топлива, но не более 600 л.

Основное хранилище дизельного топлива устанавливают вне территории пункта приготовления игданита и не ближе 50 м от хранилища с аммиачной селитрой и здания приготовления игданита. Основное хранилище дизельного топлива соединяют с промежуточной емкостью трубопроводом, по которому дизельное топливо подается самотеком или с помощью насоса. Из промежуточных емкостей дизельное топливо перекачивается в смеситель с помощью топливного смесителя.

Погрузочно-разгрузочные работы выполняются с помощью подъемника, автопогрузчиков, электрокаров, кран-балок и прочего типового оборудования.

Централизованные пункты приготовления игданита различаются в основном принятыми схемами механизации доставки аммиачной селитры от хранилищ до сме-

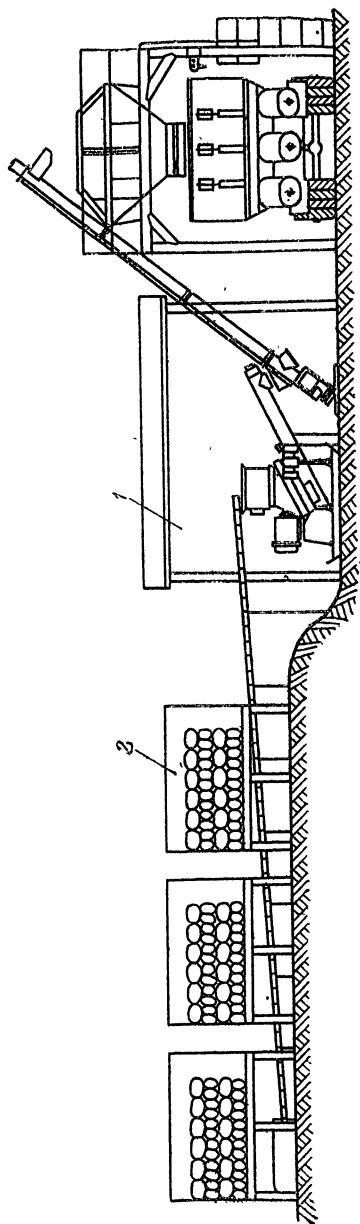


Рис. 8. Хранение аммиачной селитры в мешках

сителя и погрузкой ее в смеситель. Мешки с аммиачной селитрой от хранилища к смесителю доставляются на специальной ручной тележке грузоподъемностью 1 т, на тележке с приводом от лебедки, ленточным конвейером, скребковым конвейером, автопогрузчиком. Погрузка аммиачной селитры в бункер-смеситель выполняется ленточным или скребковым конвейером, скиповым подъемником, вручную.

Минимальные трудовые затраты обеспечиваются при доставке мешков с аммиачной селитрой от хранилища до смесителя и погрузкой их в бункер-смеситель конвейером (0,3 чел.-ч на 1 т), максимальные (1,4 чел.-ч на 1 т) — при доставке мешков на тележке и погрузке их в бункер-смеситель вручную.

Недостатки вышеописанных схем — большие потери (до 10%) аммиачной селитры при доставке и хранении, повышенная пожароопасность. Ухудшение качества аммиачной селитры в процессе ее доставки и хранения объясняется тем, что ее доставка от поставщика до приемов выполняется при неоднократных перевалках с одного вида транспорта на другой, а в ряде случаев с вынужденным промежуточным хранением различной продолжительности.

При транспортировании аммиачной селитры потребителям в непакетированном виде (в бумажных битумированных мешках, вложенных в льно-джуто-кенафные чехлы) тара повреждается и это ведет к большим потерям аммиачной селитры. Кроме того, просыпи аммиачной селитры создают повышенную пожароопасность на транспортных средствах.

Доставка аммиачной селитры в мешках требует больших затрат ручного труда на погрузочно-разгрузочных операциях, в связи с этим увеличиваются простои транспортных средств. Кроме того, в мешках она слеживается, особенно в летнее время.

Одним из основных недостатков доставки и хранения аммиачной селитры в битумированных бумажных мешках, вложенные в джутовые, является их повышенная пожароопасность. Эта опасность возникает при наличии в буре аммиачной селитры поврежденных мешков, при засорении просыпей аммиачной селитры обрывками мешковины. Особенно опасна бумажная или джутовая макулатура, пропитанная селитрой, легко подверженная

возгоранию. На одном из централизованных пунктов приготовления игданита Магаданской области произошло самовозгорание аммиачной селитры при ее хранении в одном штабеле в целых и порванных мешках.

Для предотвращения загорания аммиачной селитры нельзя допускать ее просыпи при укладке и хранении мешков на складах и при погрузке их в автомобили; посторонние загрязнения (остатками предыдущих грузов, сметками и т. п.) в кузовах автомобилей и на складах; повреждения мешков и накопление бумажной тары.

Сохранность мешков во многом зависит от состояния транспортных и погрузочно-разгрузочных средств. Недопустимо перевозить аммиачную селитру в автомобилях с различного рода выступами в кузове (скобы, болты и т. д.). Не меньшее значение имеет и техническое состояние хранилищ, особенно полов: наличие в них выбоин, трещин, неровностей обуславливает накопление просыпей селитры и образование луж раствора.

Доставка и хранение аммиачной селитры в контейнерах. В связи с отмеченными недостатками доставки аммиачной селитры в мешках во ВНИИ-1 выполнены исследования по выбору безопасных и экономичных типов упаковки для доставки аммиачной селитры в районы Крайнего Севера. Испытаны следующие виды упаковки: контейнеры УУК универсальные грузоподъемностью 3 т (ГОСТ 18477—79), контейнеры мягкие специальные (МК-2-1,5 ОСТ 6-19—73) [17].

Мягкие специальные контейнеры удобны при перевозках морским, железнодорожным и автомобильным транспортом, а также при временном хранении аммиачной селитры. Они выполнены из двухслойного вязкого резинового материала МК-2-1,5. Мягкие контейнеры рабочим объемом $1,75 \pm 0,25$ м³ имеют прямоугольное сечение. Верхний люк загрузочный, нижний разгрузочный, грузовые элементы выполнены в виде несущих проушин, пружовых проушин или пружовых лент под серьги (рис. 9).

Вследствие высокой герметичности контейнеров практически исключается попадание в них влаги, что существенно снижает опасность слеживания аммиачной селитры и позволяет избежать строительства специальных хранилищ. В контейнерах аммиачную селитру мож-

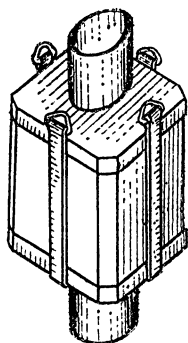


Рис. 9. Резинокордный контейнер МК-2-1,5

но хранить на открытой площадке. В связи с этим возможен завоз ее непосредственно на объект взрывных работ, минуя приисковые склады и хранение ее на контейнерных площадках.

При испытании на всем пути следования отбирались пробы для определения гранулометрического состава, влажности и прочности гранул аммиачной селитры (табл. 7).

Анализ приведенных данных показывает, что гранулометрический состав аммиачной селитры в процессе доставки незначительно изменяется вследствие деградации крупных гранул и соответствующего увеличения доли мелочи. Влажность аммиачной селитры

во время доставки снизилась, но одновременно на 38% уменьшилась прочность гранул.

В процессе транспортирования в результате тряски отмечено перераспределение гранул аммиачной селитры по объему контейнера. Так, в конечном пункте следования содержание мелочи в нижней части контейнера в 3 раза меньше, чем в верхней, и в 2 раза меньше, чем в среднем по контейнеру.

Основные физико-механические свойства гранулированной аммиачной селитры за время ее хранения в резинокордных контейнерах существенным образом не меняются, и почти вся селитра, поступившая на прииски, сохраняется в сыпучем состоянии.

Таблица 7

Показатели	Наблюдение		
	I	II	III
Гранулометрический состав, %:			
>3 мм	6,0	2,1	1,41
1—3 мм	93,6	96,01	96,07
<1 мм	0,4	1,89	2,5
Влажность, %	0,4	0,27	0,22
Прочность гранул крупностью 2 мм, г	536	533	345,5

Опытное хранение ее проводилось в различное время года и с различной продолжительностью (от 3 до 10 мес) в диапазоне температур от -60° до $+35^{\circ}$ С при колебаниях относительной влажности воздуха от 40 до 90%. Перед хранением подготовлена деревянная площадка, на которую контейнеры устанавливались в два яруса. Перед установкой на хранение каждый контейнер был осмотрен на отсутствие механических повреждений, проверено состояние аммиачной селитры.

В результате двухлетних наблюдений накоплен определенный опыт хранения аммиачной селитры в контейнерах. Установлено, что при хранении аммиачной селитры в пределах одного месяца сыпучесть ее сохраняется, средняя продолжительность высыпания ее из контейнера составляет 6—30 с. Со временем, при хранении аммиачной селитры происходит слеживание и частичная ее перекристаллизация, время высыпания увеличивается до 3—4 мин (при внешнем механическом воздействии). В общем случае при хранении в течение 8 мес. аммиачная селитра сохраняет довольно высокую сыпучесть и удовлетворительно высыпается из контейнеров (табл. 8). При хранении в контейнерах в течение 8 мес и более аммиачная селитра в значительной степени слеживается, и выгрузка ее из контейнеров затруднена, а в ряде случаев практически невозможна.

Производительность труда рабочих на погрузочно-разгрузочных операциях при доставке аммиачной селитры в контейнерах увеличилась с 5 до 80 т/чел.-смену. Полностью исключаются потери аммиачной селитры при перевозках и хранении.

Недостатком резинокордных контейнеров является потеря эластичности при температуре наружного воздуха ниже -40° С, что осложняет открывание контейнера, особенно при подготовке его к возврату, когда контейнер необходимо сложить. В результате ломаются отдельные элементы контейнеров: проушины, разгрузочные рукава и т. д.

При эксплуатации контейнеров необходимо руководствоваться ГОСТ 21045—75 «Контейнеры мягкие специализированные».

Для эффективной и безопасной эксплуатации контейнеров с аммиачной селитрой централизованный пункт

Таблица 8

Время хранения, мес	Ярус расположения контейнеров при хранении	Характеристика высыпаемой из контейнера аммиачной селитры	Время выгрузки, с
7	Верхний	Сухая, уплотненная. Куски разрушаются при нажатии рукой	480
7	То же	Сухая, сыпучая	10
7	»	То же	20
7	»	Сильно уплотненная. Разрушается при нажатии рукой	600
7	»	Сухая, сыпучая. Вверху контейнера незначительное увлажнение	60
	Нижний	Сухая, уплотненная *	300
7	»	Сухая, сыпучая	10
7	»	Сухая, незначительно уплотненная *	180
3	Верхний	Уплотненная *	300
3	То же	Сухая, сыпучая	30
3	»	Сыпучая, слабоувлажненная	120
3	»	Сухая, сыпучая	20
3	»	Сухая, уплотненная	210
3	»	Сильно уплотненная влажная	620
3	»	То же, сухая	920
3	»	Сухая, сыпучая	10

* При разгрузке применялось механическое воздействие.

должен быть оборудован несущими штангами с круглыми проушинами. Место разгрузки должно быть оборудовано опорной рамой (рис. 10).

Запрещается загружать контейнеры с поврежденными грузовыми элементами, стенками, днищами, перемещать их волоком, а при температуре -30°C складывать и раскладывать их. Необходимо соблюдать правила стропления контейнеров (рис. 11). Стропление контейнеров за резинотканевые проушины непосредственно крюками или тросами, стропление за одно, два и три грузовых кольца недопустимо — это приводит к повреждению грузовых элементов контейнера, особенно при температуре наружного воздуха -40°C и ниже, когда грузовые элементы разрушаются и возможен срыв контейнера с захватного приспособления.

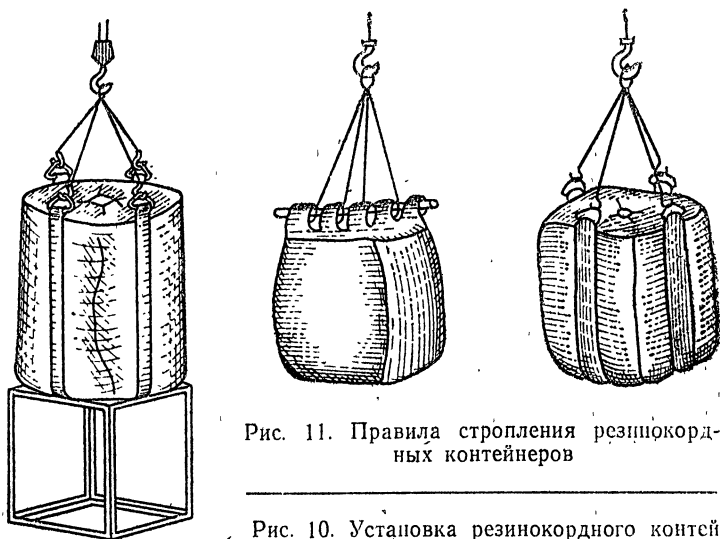


Рис. 11. Правила стропления резинокордных контейнеров

Рис. 10. Установка резинокордного контейнера на опорную раму

В зависимости от емкости контейнеров их размещают в один или два яруса по высоте: объемом до $1,5 \text{ м}^3$ штабилируют в два яруса, объемом $2—3 \text{ м}^3$ — в один ярус. При этом необходимо оставлять интервалы между штабелями, транспортным и погрузочным оборудованием, обеспечивая устойчивость контейнеров и безопасность работы в проходах.

Порожние контейнеры укладывают в пакеты и возвращают на завод-поставщик в универсальных контейнерах.

В связи с известными недостатками доставки аммиачной селитры в резинокордных контейнерах планируется ее перевозка в полимерных контейнерах одноразового использования, ткань которых образована ориентированными волокнами полиэтилена и характеризуется высокой прочностью на разрыв, низкой влагопроницаемостью, а также стабильными физическими свойствами в диапазоне температур от -50 до $+80^\circ \text{С}$. Доставка первой партии аммиачной селитры в полимерных контейнерах показала их перспективность.

Бестарное хранение аммиачной селитры. Для ускорения оборачиваемости контейнеров и повышения пожаробезопасности хранения аммиачной селитры на централь-

зованных пунктах приготовления игданита Магаданской области и Якутской АССР ее содержали в буртах в хранилищах и на открытых площадках под полиэтиленовой пленкой. Площадки оборудовали выше уровня почвы не менее, чем на 20 см. Для предотвращения проникновения влаги в аммиачную селитру из почвы днище хранилища устлано полиэтиленовой пленкой толщиной не менее 80 мкм. Высота бурта аммиачной селитры не превышала 2,5 м. Расстояние между буртами составляло не менее 1 м.

Сформированный бурт аммиачной селитры был укрыт полиэтиленовой пленкой. Рулон пленки разматывали вдоль бурта от одного торца к другому. В процессе хранения аммиачной селитры основное влияние на ее слеживаемость могла оказать вода, проникающая в бурт под пленку. Состояние укрытия бурта пленкой контролировалось не менее двух раз в месяц, нарушения укрытия немедленно устранялись.

Аммиачную селитру хранили вне хранилищ на территории централизованных пунктов приготовления игданита.

На прииске им. Фрунзе на хранение в июле заложили два бурта аммиачной селитры и в сентябре — дополнительный бурт. Влажность аммиачной селитры в момент обследования составляла 0,2—0,3%. В зимнее время в период ее использования для приготовления игданита она сохраняла хорошую сыпучесть. Сформированный бурт аммиачной селитры на другом прииске был разобран в течение зимы. Влажность селитры не превышала 0,25%, сыпучесть ее очень хорошая. При разборке буртов на приисках отмечено образование слоев слежавшейся селитры толщиной 5—15 и 5—10 см соответственно в нижней части бурта и в верхней. Однако слежавшиеся слои селитры легко разбирались простейшими механизмами.

На прииске «Комсомольский» аммиачную селитру содержали в специально построенном хранилище. В этих условиях проверяли возможность хранения аммиачной селитры насыпью в условиях влажного климата и ураганных ветров со снежными заносами. Промышленные испытания способа хранения аммиачной селитры насыпью в хранилище показали ее перспективность.

За время хранения (более 6 месяцев) селитра сохраняла сыпучесть и легко разбиралась канатным скрепером. Однако при закладке на хранение сильно увлажненной аммиачной селитры усложнялась разборка бурта. Так, на прииске «Ударник» на опытное хранение заложена в бурте аммиачная селитра влажностью 2—4%. Ко времени разборки бурта в декабре она смерзлась и потребовалось ее рыхление.

Как показала практика, при транспортировании и хранении аммиачной селитры, в том числе и при упаковке в контейнеры, необходимы меры для предотвращения ее от увлажнения. Увлажнение аммиачной селитры более 2% способствует ее слеживанию в процессе хранения. Особенно недопустимо хранение увлажненной селитры в резинокордных контейнерах, в битумированных и джутовых мешках. Если хранение увлажненной аммиачной селитры в резинокордных контейнерах приводит к слеживанию ее и невозможности выгрузки из контейнера без его разрушения, то хранение ее в битумированных и джутовых мешках может привести к самовозгоранию всего штабеля.

Для предотвращения увлажнения аммиачной селитры в пути следования при перевозке автомобилями необходимо укрывать мешки с селитрой от атмосферных осадков, а при перевозке в контейнерах с донной разгрузкой — контейнеры устанавливать на решетки. Обрабатываемые в процессе погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования аммиачной селитры просыпи необходимо убирать в контейнеры (наиболее удобны полиэтиленовые контейнеры МКР-1).

Бестарное хранение селитры в буртах свободно от недостатков, присущих хранению ее в мешках, так как в этом случае не происходит ее смешивания с кусками горючей тары. Более того, даже в случае загорания аммиачной селитры с горючими веществами, находящимися в бурте, вероятность перехода горения в детонацию существенно меньше вследствие отсутствия в бурте каналов, обеспечивающих проникновение пламени вглубь.

Однако при хранении аммиачной селитры в буртах возрастает опасность загрязнения селитры посторонними примесями, в том числе смазочными, горючими и другими материалами. Поэтому при подготовке площадки для хранения селитры в бурте и в процессе формиро-

вания бурта необходимо исключить попадание в аммиачную селитру посторонних примесей. Необходимо следить, чтобы погрузочные средства (автопогрузчики и др.) были в исправном состоянии, исключающем утечку масла из гидравлической и топливной систем.

Для выбора оптимальной конструкции механизированного пункта приготовления игданита при доставке аммиачной селитры в контейнерах исследованы различные схемы ее хранения и механизированной переработки. При одной из них аммиачная селитра хранится в четырех бункерах, откуда через разгрузочные люки самотеком поступает на ленточный конвейер, подающий ее в бункер смесителя.

При изыскании рациональной схемы механизации приготовления игданита основные механизмы: смеситель ИСИ-II, шнековый конвейер ТШ-1 и накопительный бункер были сохранены, как достаточно эффективные. Комплекс обслуживают два человека. Производительность труда на пункте составила 16 т/чел.-смену. Отличительной особенностью комплекса является его высокий уровень механизации, почти полностью исключающий ручной труд.

Однако при всем этом велики капитальные затраты на сооружение комплекса, они составляют 300 тыс. руб.

Была также исследована схема механизации при хранении аммиачной селитры в контейнерах на открытой площадке с расположением контейнерной площадки и здания приготовления (рис. 12, а) на одном уровне.

От контейнерной площадки аммиачная селитра в количестве сменной потребности к зданию приготовления игданита доставляется козловым краном типа ККР-5, затем выгружается в ковш, откуда подается в бункер ИСИ-II. Производительность труда достигает 12 т/чел.-смену.

Отличительной особенностью такой схемы механизации является относительно небольшой объем капитальных затрат. Недостаток — некоторое усложнение работ по сравнению с хранением в бункерах и увеличение срока оборачиваемости контейнеров вследствие хранения в них аммиачной селитры. Необходимо отметить, что эксплуатация таких пунктов весьма затруднена в местах с большими снежными заносами.

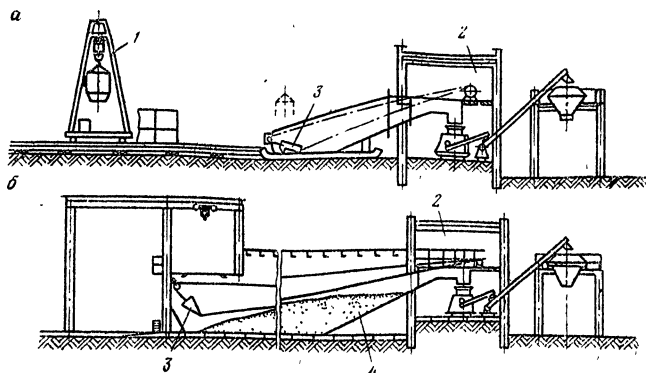


Рис. 12. Централизованный пункт приготовления игданита:
а — хранение АС в контейнерах; *б* — хранение насыпью. 1 — коз-
 ловой кран, 2 — здание приготовления игданита; 3 — скрепер; 4 —
 борт селитры

Общим недостатком рассмотренных схем механизации является невозможность длительного (6—8 месяцев) хранения аммиачной селитры из-за слеживания.

Для устранения этих недостатков разработан централизованный пункт приготовления игданита с хранением аммиачной селитры насыпью (рис. 12, *б*). В этом случае аммиачная селитра из контейнеров выгружается в один общий борт 4, откуда скрепером подается в смеситель. Производительность труда рабочих на пункте — 20 т/смену. Недостатком является необходимость сооружения помещения для хранения селитры, а отсюда и повышенные капитальные затраты. Стоимость пункта 200 тыс. руб.

При доставке в контейнерах слеживаемость аммиачной селитры резко снижается, что позволяет повысить производительность смесителя ИСИ-II, сократив вспомогательное время в 1,5—2 раза, или до 6 т/ч. Для этого производительность насоса подачи горючей добавки необходимо увеличить до 9 л/мин.

Для отдаленных участков с небольшим объемом взрывных работ во ВНИИ-1 разработан проект легкого участкового сборно-разборного пункта приготовления игданита, кроме выполнения основной функции, предназначенного для приема и хранения аммиачной селитры. Предусмотрено его исполнение в двух вариантах, отли-

чающихся оборудованием для разгрузки селитры и подачи ее к измельчителю-смесителю типа ИСИ-II.

Конструкции каркаса пункта для обоих вариантов аналогичны. Помещение пункта подразделяется на два отсека: в первом отсеке хранится аммиачная селитра, во втором смонтированы механизмы приготовления и выдачи пгданита.

Каркас отсека для хранения селитры — конструкция из легких сварных панелей, монтируемых при помощи болтовых соединений к несущим колоннам. Колонны (наиболее массивная часть конструкции) коробчатой формы, при монтаже они крепятся откидными болтами к полу. Все колонны попарно соединены в верхней части перемычкой коробчатого сечения. Вместе с колоннами и конструкцией пола она образует основной несущий контур; к которому при помощи болтов крепятся легкие панели, представляющие собой металлоконструкции из фасованного проката, обшитые листовым прокатом.

Второй передвижной отсек участкового пункта выполнен в виде изолированного неразборного помещения, которое по торцу стыкуется с отсеком для хранения аммиачной селитры и является его конструктивным дополнением.

В соответствии с назначением весь каркас отсека оборудован теплоизоляцией — плиты выполнены из стекловаты, проложенной между обшивками каркаса. Для предотвращения и сползания в процессе эксплуатации плиты насаживаются на проволочные штыри, приваренные к листовой обшивке.

В первом варианте механизации погрузочно-разгрузочных работ (рис. 13) внутри склада аммиачной селитры предусматривается однобалочный подвесной кран 2 грузоподъемностью 3,2 т. Подкрановый путь 1 представляет собой двутавр, укрепленный к каркасу склада.

Электроталь (ручная таль) крана оснащена одноканатным грейфером 3 емкостью 0,5 т, предназначенным для подачи аммиачной селитры бурта 4 к измельчителю-смесителю 7 типа ИСИ-II.

Во втором варианте погрузочно-разгрузочные работы выполняются с помощью консольного крана оригинальной конструкции (рис. 14). Его основание — массивная плита, которая при монтаже подводится под металлоконструкцию пола склада.

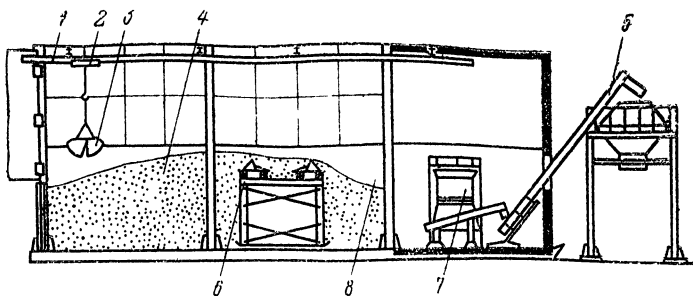


Рис. 13. Участковый пункт приготовления игданита с погрузкой аммиачной селитры в смеситель грейфером:

1 — путь подкрановый; 2 — кран-балка; 3 — грейфер; 4 — борт аммиачной селитры; 5 — шиковый транспортер; 6 — вибростол; 7 — измельчитель-смеситель; 8 — помещение для хранения селитры

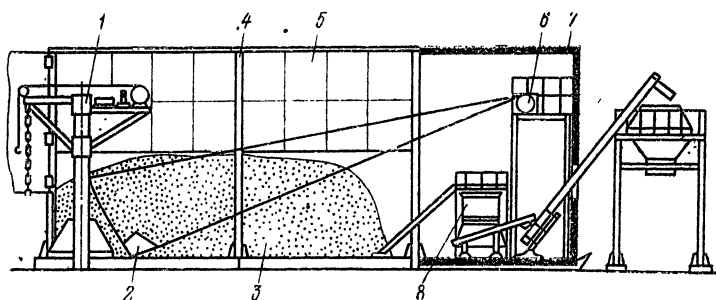


Рис. 14. Участковый пункт приготовления игданита с погрузкой аммиачной селитры в смеситель скрепером:

1 — кран консольный; 2 — ковш скрепера; 3 — борт аммиачной селитры; 4 — колонна несущая; 5 — панель; 6 — лебедка скрепера; 7 — теплоизоляция; 8 — измельчитель-смеситель игданита

Контейнеры с аммиачной селитрой разгружаются с помощью монтажной лебедки, смонтированной на консоли крана, а размещение селитры в хранилище, а также подача ее к измельчителю-смесителю ИСИ-II выполняются скреперной лебедкой.

При монтаже металлоконструкций следует предварительно подготовить площадку и при необходимости утрамбовать грунт.

Институтом Дальстройпроект разработаны проекты централизованных пунктов приготовления игданита с хранением аммиачной селитры в резинокордных контейнерах и насыпью, обеспечивающие комплексную механи-

зацию всех операций по приготовлению игданита (рис. 15).

На прииске «Курчатовский» аммиачная селитра из резинокордного контейнера выгружается в перегрузочный бункер, а из него — в смеситель игданита. При промышленных испытаниях этой схемы доставки и хранения получены высокие технико-экономические результаты. Численность обслуживающего централизованный пункт персонала — два человека. Затраты времени на переработку одного контейнера МК-1,8×2,0 составили 10,1 мин, в том числе на стропление контейнера и доставку его козловым краном для перегрузки в промежуточный бункер — 3,16 мин.

На централизованном пункте прииска «Мальдяк» имеется здание приготовления игданита и механизированная контейнерная площадка, оборудованная козловым краном ККР-5 (рис. 16). Аммиачная селитра доставляется и хранится в контейнерах МК-2-1,5. Обслуживающий персонал — два человека. Трудоемкость изготовления 1 т ВВ 0,1 чел.-смена. Потери аммиачной селитры уменьшились до 2%.

На приготовлении игданита заняты обученные по специальной программе работники взрывного участка под руководством начальника участка или горного мастера. Обучение лиц, связанных с приготовлением и заряджанием игданита, как правило, проводит начальник взрывного участка. Экзамен принимает комиссия под председательством главного инженера прииска. Список лиц, допущенных к работе на централизованном пункте приготовления игданита, утверждается приказом директора прииска.

Аммиачная селитра, поступившая на централизованный пункт приготовления игданита, приходится по наряд-накладной. Приготовленный игданит для производства взрыва отпускается по наряд-путевке.

Механизация заряджания игданита. Результаты исследований показали, что эффективность взрыва пропорциональна объемной концентрации энергии в зарядной камере [1, 5, 6, 8]. Высокая же концентрация энергии при взрывании гранулированными ВВ типа игданита может быть обеспечена путем пневматического заряджания скважин [7].

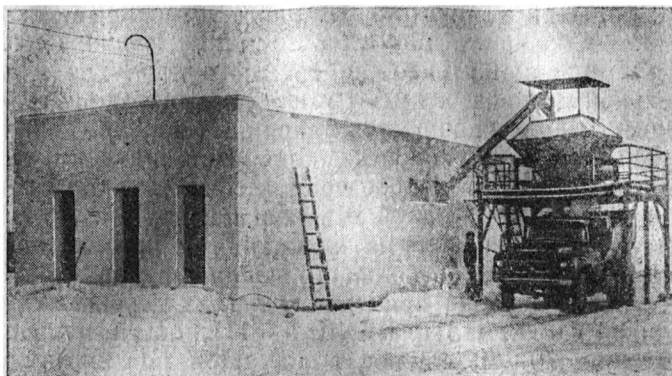


Рис. 15. Пункт приготовления игданита, построенный по типовому проекту

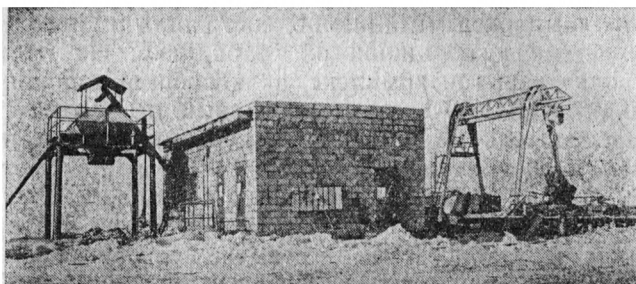


Рис. 16. Централизованный пункт приготовления игданита

Буровзрывные работы при разработке мерзлых пород в горном деле и строительстве характеризуются разнообразием параметров буровых и взрывных работ. Применяются шпуры и скважины диаметром от 40 до 250 мм глубиной от 1,5 до 2,15 м. Наиболее широко применяются скважины диаметром 105 мм и глубиной 3,5—4 м. Особенностью ведения буровзрывных работ в мерзлых породах является их сезонный характер. Они выполняются, как правило, в холодное время года (зимой и весной).

В этих условиях использование зарядных машин СУЗН-5, МЗ-3, МЗ-4 и др. [18, 19] ограничено карьера-

ми с большой концентрацией работ, где применяются скважины большого диаметра. Зарядные машины созданы для зарядания скважин большого диаметра и значительной глубины и имеют высокую стоимость. Эффективному использованию этих зарядных машин, характеризующихся высокой скоростью заполнения шпуров и скважин, препятствуют непроизводительные затраты времени на переезды от одной скважины к другой. Коэффициент их использования на зарядании не превышает 0,2.

При зарядании небольшого числа шпуров (до 500) более целесообразно применение легких переносных зарядчиков ПЗЖ, ПЗП, ВАХШ-5 [11], обеспечивающих зарядание 70—80 шпуров в час. При большом числе шпуров применение таких зарядчиков нецелесообразно вследствие частых остановок в процессе зарядания, вызванных необходимостью заполнения бункера взрывчатым веществом. При числе шпуров более 500 и применении мелких скважин достаточно эффективно использование комплекса механизмов, состоящих из небольшого смесителя и порционного зарядчика. На прииске «Мальдяк» испытан комплекс, включающий порционный зарядчик ЗППН-50-1 и установленный на автомобиле пневмосмеситель ПСЭ-1 (рис. 17). Комплекс применен для зарядания шпуров глубиной 2—2,5 м и диаметром 65 мм. Масса заряда на один шпур составляла 5—7 кг. Часовая производительность комплекса 500 кг игданита. Достоинства такой схемы — совмещение приготовления игданита с его заряданием. Недостаток — большие затраты ручного труда на приготовлении игданита, особенно при использовании слежавшейся аммиачной селитры. Для сокращения ручного труда зарядчик ЗППН-50-1 навесили на борт кузова автомобиля МАЗ-503, который загружали игданитом с помощью установки ИСИ-1, оборудованной измельчителем. Часовая производительность установки при зарядании 1 т.

В этих же условиях испытана универсальная зарядно-доставочная машина УЗДМ-1. Для перевозки зарядной машины с одного полигона или прииска на другой ее установили на шасси передвижного компрессора ВКС-5. Для увеличения скорости зарядания и обеспечения непрерывной работы питателя на выходном патрубке машины установлен двухходовой переключатель потоков, что обеспечивает непрерывную работу машины

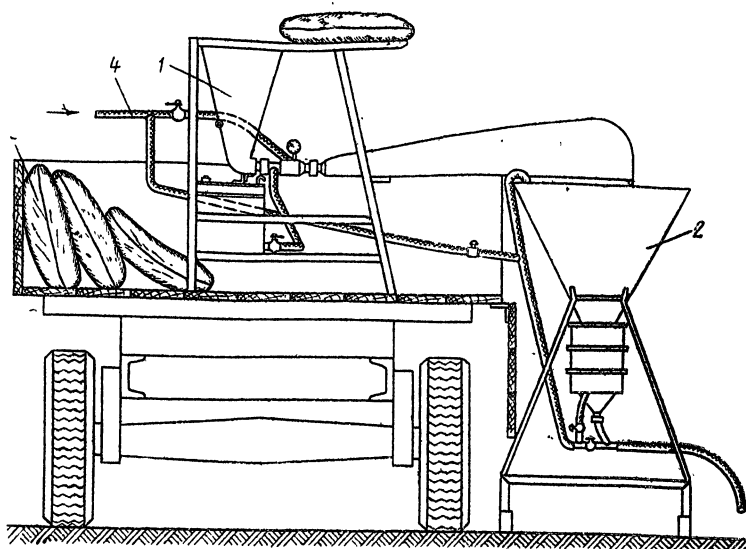


Рис. 17. Смесительно-зарядный комплекс

1 — смеситель ПСЭ-1; 2 — зарядчик ЗППН-50-1; 3 — мешки с аммиачной селитрой; 4 — магистраль от компрессора

при одновременном зарядании двух скважин. Машину обслуживали пять человек: оператор управлял работой зарядной машины; два взрывника заряжали скважины, два других взрывника засыпали игданит в бункер зарядной машины. Производительность машины при зарядании достигла 3 т/ч при использовании резиноканевых шлангов диаметром 32 мм и длиной 70 м и 5 т/ч при использовании полиэтиленовых шлангов.

К недостаткам применения УЗДМ-1 на вскрыше торфов следует отнести большие затраты ручного труда при загрузке игданита или аммиачной селитры в бункер зарядной машины, а также значительный расход сжатого воздуха (не менее 9 м³/мин) для работы питателя.

С учетом результатов испытаний известных зарядных машин во ВНИИ-1 разработана самоходная зарядная машина УЗА-3-II [13]. Машина смонтирована на базе автосамосвала ЗИЛ-ММЗ-555, оборудована бункером емкостью 4,5 м³ и тремя пневматическими дозаторами с регулируемой емкостью от 2,5 до 50 л. Максимальная

дальность транспортирования ВВ по шлангам — 6 м. На летнее время бункер снимается и навешивается кузов автосамосвала для использования автомобиля на общехозяйственных работах.

Зарядная установка УЗА-3-II предназначена для перевозки игданита от пункта приготовления, а также для зарядания шпуров и скважин на открытых работах. Этой установкой можно одновременно заряжать до трех шпуров или скважин.

**Техническая характеристика
зарядной установки УЗА-3-II**

Емкость дозатора зарядчика, л	5—50
Емкость бункера установки, м ³	3—4
Диаметр скважин, мм	80—200
Диаметр зарядного шланга, мм	32—38
Рабочее давление воздуха, кгс/см ²	4—6
Число зарядчиков	3
Основные размеры установки с автомобилем, мм	9100×2590×2750
Масса установки, т	5,527

Зарядная установка представляет собой бункер из листовой стали с установленными на задней стенке тремя пневматическими порционными зарядчиками (рис. 18).

Для предотвращения попадания в бункер с игдани- том посторонних предметов он закрывается сверху крышкой-сеткой с ячейками 8×8 мм. Передняя часть крышки укреплена к бункеру шарнирно, а задняя — откидная и фиксируется защелками.

В рабочем положении бункер фиксируется упором. В боковой стенке бункера имеется откидной люк, предназначенный для разгрузки в случае прекращения подачи сжатого воздуха.

В качестве зарядных агрегатов используются пневмо-зарядчики ЗППН-50-II (рис. 19). Дозирующая камера зарядчика разделена на три секции. Нижняя секция (переменного объема) позволяет регулировать объем дозирующей камеры путем перемещения конусной части дозатора внутри его цилиндрической части. Объем камеры регулируется в пределах 5—23 л и контролируется щупом. Объем средней секции равен 13,5 л, верхней секции — 3,4 л.

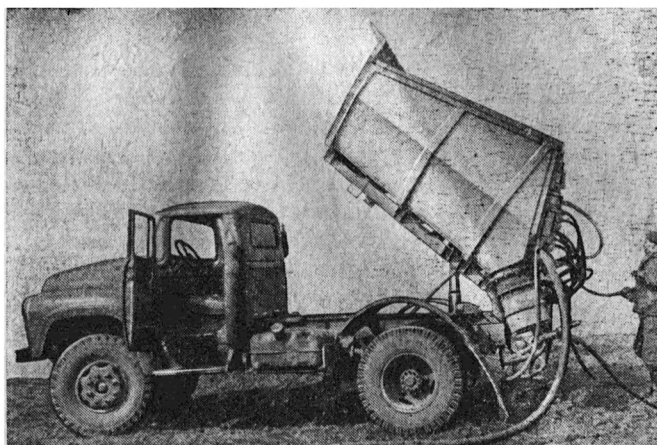


Рис. 18. Зарядная машина УАЗ-3-ИИ

Управление запорным клапаном производится пневмоцилиндром. Верхняя полость пневмоцилиндра соединяется с воздушной магистралью через кран, предназначенный для управления процессом зарядания. От этого же крана воздух попадает в камеру дозатора.

Зарядание выполняется при поднятом бункере зарядной установки. Кран управления имеет три положения: закрыто, к цилиндру, к дозатору. При закрытии крана воздух, находящийся в верхней полости пневмоцилиндра, стравливается через отверстие в атмосферу. При этом поршень под действием пружины пневмоцилиндра идет вверх и посредством рычажной системы опускает вниз запорный клапан, открывая загрузочное окно дозирующей камеры. Под действием силы тяжести игданит через загрузочное окно поступает в дозирующую камеру. Для улучшения заполнения дозирующих камер включают вибратор.

После заполнения дозатора игданитом рукоятку крана переводят в положение к цилиндру. При этом воздух по рукаву поступает в верхнюю полость пневмоцилиндра, поршень под действием сжатого воздуха опускается вниз и рычажной системой поднимает запорный конус, закрывая при этом окно дозирующей камеры.

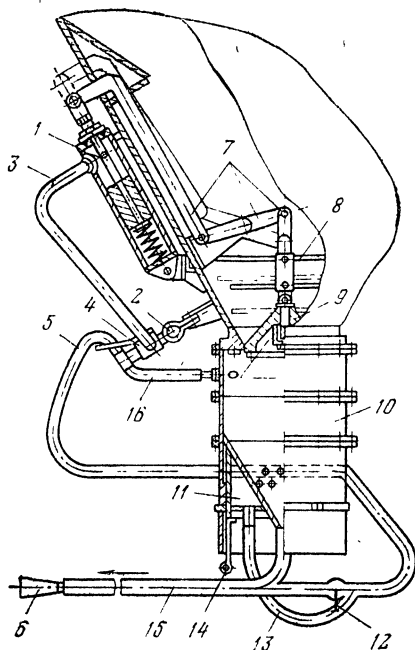


Рис. 19. Зарядчик
ЗППН-50-II;

- 1 — цилиндр привода клапана;
- 2 — воздушный коллектор;
- 3 — шланг цилиндра привода клапана;
- 4 — кран управления;
- 5 — шланг подачи сжатого воздуха на продув;
- 6 — диффузор зарядного шланга;
- 7 — система рычагов привода клапана;
- 8 — воршители;
- 9 — клапан;
- 10 — дозатор;
- 11 — аэрационная камера;
- 12 — регулятор концентрации смеси;
- 13 — шланг подачи воздуха в аэрационную камеру;
- 14 — указатель объема дозатора;
- 15 — зарядный шланг;
- 16 — шланг подачи воздуха в дозатор

При дальнейшем вращении рукоятки крана в положение к дозатору воздух поступает из крана в дозирующую камеру.

В соответствии с конструкцией заряда перед загрузкой игданита устанавливают объем дозирующих камер. При верхнем или нижнем инициировании объем дозирующих камер соответствует объему игданита, заряжаемого в одну скважину. При размещении боевика в середине заряда объем дозирующих камер соответствует половине заряда игданита, уложенного в скважину. При размещении боевика ближе к верхней или нижней части заряда зарядание скважин целесообразно выполнять последовательно из двух дозаторов. Нижнюю часть заряда заряжают одним дозатором, для чего объем дозируемой камеры устанавливают равным объему игданита в нижней части заряда, после чего в скважину помещают боевик и дозаряжают из второго дозатора. Объем второго дозатора устанавливают равным объему игданита в верхней части заряда.

Таблица 9

Показатели	Наблюдение		
	I	II	III
Температура наружного воздуха, °С	—38	—49	—41
Продолжительность операций, мин:			
подготовительно-заключи-	36	30	24
тельных операций на за-			
ряжании			
загрузки машин игданитом	15	12	15
заряжения	67	66	62
перевозки	10	67	10
Количество игданита, загруженного	5	5	5
в машину, т			
Расстояние перевозки ВВ от пункта	5,8	56,0	5,8
приготовления до полигона, км			
Давление сжатого воздуха, кгс/см	4,0	5,5	6,0
Масса игданита в скважине (уста-	15	12	12
новленной дозы), кг			
Продолжительность, с:	21	16	10
заряжения дозы игданита			
одним зарядчиком			
перехода от скважины к	5	5	5
скважине			
Общее число заряженных скважин	320	386	400

Машина проста в управлении и обслуживается двумя рабочими при работе двух зарядчиков. Техническая производительность машины при работе одного пневмо-зарядчика 3,6 т/ч, эксплуатационная — 2,3 т/ч, при работе двух зарядчиков соответственно 6 и 3,8 т/ч. Производительность машины по сравнению с ручным заряданием в 4 раза выше, а плотность заряда достигает 1,1 г/см³.

Зарядные машины испытывали на вскрышных работах. Скважины диаметром 105 мм и глубиной 3,5—3,8 м заряжали через два дозатора. Продолжительность зарядания одной скважины составила 10—21 с, а продолжительность расходования игданита, содержащегося в бункере зарядной машины, — 62—67 мин (табл. 9).

В первых опытах по механизированному заряданию скважин применено обратное инициирование зарядов (рис. 20, а), как и при ручном зарядании. При этом пять-шесть взрывников до начала зарядания шести-

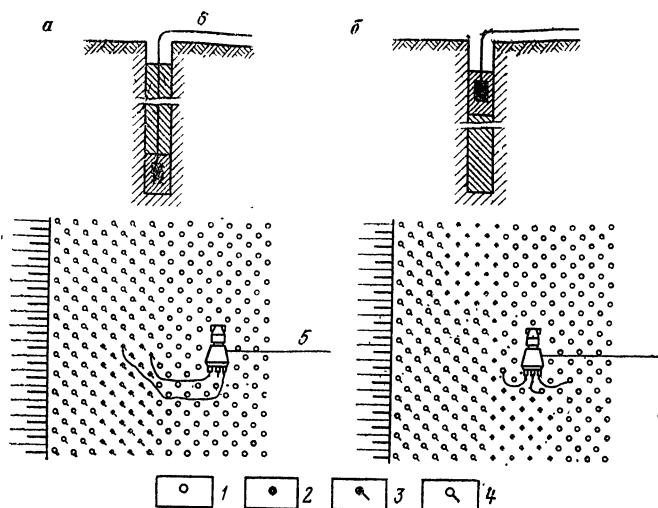


Рис. 20. Схема зарядания скважин машиной УЗА-3-II:
1 — на зарядные скважины; 2 — скважины, заполненные только игданитом; 3 — скважины только с боевиками; 4 — полностью зарядные скважины; 5 — воздушная магистраль; 6 — ДШ

восьми зарядов скважин игданитом опускали в них боевики. Зарядная машина двигалась по незаряженному участку полигона и заряжала скважины с введенными боевиками через шланги длиной 30—40 м.

При такой организации работ производительность зарядной машины ограничивалась производительностью взрывников, занятых установкой боевиков. Кроме того, из-за увеличенной длины зарядных шлангов производительность зарядной машины снижалась вследствие больших затрат ручного труда на перенос шлангов и уменьшения скорости движения смеси в них.

Принятое в дальнейшем прямое инициирование зарядов в скважинах (рис. 20, б) позволило улучшить организацию зарядания: вначале заполнять скважины игданитом, а затем помещать боевик. Такая схема зарядания позволила вводить боевики в скважины и монтировать взрывную цепь независимо от процесса зарядания, уменьшить длину зарядных шлангов до 20 м, что снизило подготовительные работы в 2 раза и на 30—40% повысило производительность зарядной машины.

Помимо повышения эффективности заряжания принятая конструкция заряда обеспечила более надежное инициирование вследствие снижения флегматизации ВВ боевика и детонирующего шнура раствором аммиачной селитры, образующимся при ее взаимодействии с породой. Лучшее использование энергии взрыва достигнуто при прямоугольной сетке расположения скважин с увеличением коэффициента сближения их до 2,5 и применении порядной схемы короткозамедленного взрывания.

Опытно-промышленные работы, выполненные на прииске «Бурхала», показали, что принятые технология и параметры взрывных работ обеспечили хорошие результаты взрывов.

На прииске им. Горького применяется усовершенствованная технология буровзрывных работ. Для приготовления игданита построен пункт с хранением аммиачной селитры в резинокордных контейнерах МК-2-1,5. Скважины заряжали двумя зарядными машинами УЗА-3-П. Для сокращения подготовительно-заключительных операций на подсоединение зарядной машины к компрессору, уменьшения длины воздушных магистралей и повышения маневренности зарядных машин в зарядный комплекс включены компрессоры, устанавливаемые на бульдозерах С-100 и приводимые в движение от коробки отбора мощности этих бульдозеров. При такой технологии производительность заряжания увеличилась с 4 до 4,5 т/ч.

Вследствие большой разбросанности участков горных работ и удаленности их от централизованного пункта приготовления игданита (до 100 км) резко снижается эксплуатационная производительность зарядных машин. Чем больше расстояние, тем меньше коэффициент использования зарядной машины η . При расстоянии 17 км коэффициент использования зарядной машины снижается вдвое, а при расстоянии 60 км — вчетверо. Таким образом, для обеспечения бесперебойного приготовления игданита и заряжания скважин на полигоне в первом случае требуется две, во втором — четыре зарядных машины (рис. 21). Все это обуславливает необходимость иметь на одном прииске большое число зарядных машин.

Эффективность механизированного заряжания скважин россыпными ВВ можно повысить: путем примене-

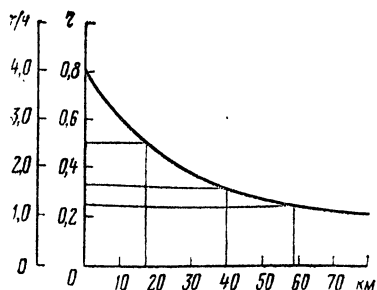


Рис. 21. Зависимость эксплуатационной производительности зарядной машины УЗА-3-II от дальности доставки игданита

ния простейших зарядных машин, например машин УЗА-3-II, которые можно переоборудовать без больших трудовых и материальных затрат в автомобили общехозяйственного назначения по окончании взрывных работ; использования зарядных машин только на зарядании скважин с применением специальных машин на доставке ВВ от централизованного пункта приготовления игданита и перегрузке их в бункер зарядной машины; доставки игданита на полигон с помощью автосамосвалов; применения специализированных зарядных машин с увеличенной емкостью бункера.

Наиболее эффективно зарядание на полигоне осуществлять по схеме: одна зарядная машина и несколько автомобилей, которые доставляют игданит от пункта приготовления до зарядной машины и перегружают его в бункер зарядной машины.

Для доставки игданита наиболее целесообразно использовать серийно выпускаемый автосамосвал САЗ-3502, платформа которого перед опрокидыванием может подниматься на высоту 2,5 м (рис. 22) [14]. Перегрузка осуществляется непосредственным высыпанием игданита из кузова автомобиля-доставщика в бункер зарядной машины. Производительность зарядной машины при этом увеличивается в 3—4 раза.

Достоинство такой схемы механизации взрывных работ — использование серийно выпускаемых автомобилей общехозяйственного назначения.

Высокопроизводительные зарядные машины СУЗН-5А и МЗ-3 целесообразно применять при большой концентрации работ, применении скважин увеличенного диаметра (более 214 мм) глубиной 7—8 м и небольшом расстоянии доставки ВВ.



Рис. 22. Перегрузка игданита в бункер зарядной машины УЗА-3-II доставщиком САЗ-3502

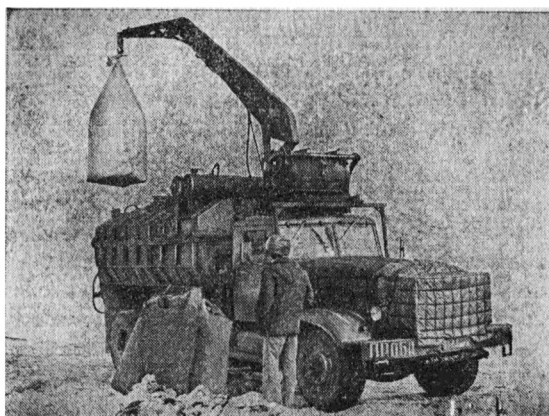


Рис. 23. Зарядная машина УЗА-3А

Перечисленные схемы механизации взрывных работ основаны на доставке аммиачной селитры в мешках и приготовлении игданита на централизованных пунктах.

Однако применение наиболее эффективной доставки и хранение аммиачной селитры в мягких контейнерах

позволяет по-новому построить систему механизации взрывных работ. На зарядании скважин в этом случае необходимо использовать зарядную машину УЗА-ЗА, снабженную устройствами для перегрузки селитры из контейнеров в бункер и приготовления взрывчатой смеси (рис. 23).

Эта машина разработана на базе автосамосвала КрАЗ-256Б и отличается от машины УЗА-З-II наличием встроенного компрессора производительностью 10 м³/мин гидравлического крана для погрузки аммиачной селитры в бункер зарядной машины; устройства впрыска дизельного топлива в дозатор для приготовления игданита, а также увеличенной до 10 м³ емкостью бункера.

Зарядная машина УЗА-ЗА характеризуется теми достоинствами, что и зарядные машины СУЗН-5А, МЗ-3, УЗА-З-II и др., но превосходит их по ряду эксплуатационных показателей: ее производительность при зарядании достигает 400 кг/мин, а плотность ВВ в скважине — 1,1 г/см³.

К достоинствам зарядной машины УЗА-ЗА относится возможность ее совместной эксплуатации с доставщиком — перегружателем игданита, в качестве которого целесообразно использовать автосамосвал «Татра» (ЧССР), оборудованный системой предварительного подъема кузова на высоту 3,2 м.

3. ПРИМЕНЕНИЕ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ В МЕРЗЛЫХ РОССЫПЯХ

В настоящее время в эксплуатацию вовлекаются глубокозалегающие россыпи, для которых характерны значительные объемы вскрыши. Применение мощной буровой, землеройной и транспортной техники является одним из действенных средств повышения безопасности и эффективности зимней вскрыши. При разработке россыпей открытым способом применяют вертикальные, наклонные и горизонтальные скважины диаметром 105—250 мм и глубиной 4—12 м.

На приисках им. Билибина и «Адыгалах» горизонтальные скважины бурили из специально пройденной траншеи глубиной 3—2,5 м перпендикулярно или параллельно ее борту. Скважины заряжали патронами порошкообразного аммонита № 6ЖВ диаметром 60—90 мм, которые досылали деревянным забойником. За один прием в скважины досылали два—четыре патрона.

Длина забойки принята равной 6—10 диаметрам скважины. В качестве забоечного материала использовали увлажненную буровую мелочь. Скважинные заряды инициировали электродетонаторами короткозамедленного действия.

Выход породы с 1 м горизонтальной скважины на 33% выше, чем при использовании вертикальных скважин того же диаметра (табл. 10), качество дробления улучшилось на 15—20%.

На прииске «Бурхала» был изготовлен самоходный буровой агрегат на базе станка НКР-100, смонтированного на шасси трелевочного трактора. На этом же шасси установлен компрессор. Конструкция бурового станка позволяет бурить наклонные и горизонтальные скважины на различной высоте уступа.

Одним из существенных недостатков взрывания горизонтальных скважин при высоте уступа более 4 м является плохое дробление взрывом породы, особенно верхней части уступа. Для улучшения ее дробления на прииске «Широкий» применяли комбинированное расположение скважин (рис. 24): по подошве уступа через

Таблица 10

Показатели	Вертикаль- ные сква- жины	Комбинированное расположение скважин	
		Верти- кальное	Горизон- тальное
Глубина скважины, м	4,8	3,0	10
Расстояние, м:			
между скважинами	3,5	3,2	4,0
между рядами	2,0	3,0	—
Объем взорванных торфов, тыс. м ³	32,3	—	15
Число скважин	890	270	60
Общая длина скважин, м	4000	810	545
Коэффициент использования скважи- ны	0,8	—	0,8
Выход породы с 1 м скважины, м ³	8,1	—	11,1
Масса ВВ в скважине, кг:			
нгданита	31,5	21	90
аммонита	5,0	1,0	4,0
Удельный расход ВВ, кг/м ³	1,01	—	—

4 м бурили горизонтальные скважины глубиной 10 м, а в верхней части уступа — три ряда вертикальных скважин глубиной 3 м по сетке $3 \times 3,2$ м. Взрывание выполняли в следующей последовательности: ряды вертикальных скважин — с замедлением 35 м/с, затем с тем же замедлением — горизонтальные. При такой технике ведения буровзрывных работ их технико-экономические показатели по сравнению с вертикальными скважинными зарядами значительно улучшились (табл. 11).

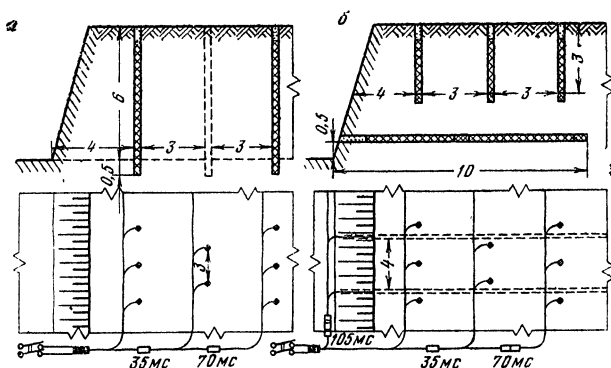


Рис. 24 Комбинированная схема расположения скважин:
а — типовая схема; б — рекомендуемая схема

Таблица 11

Категория порода	Л. н. с.	Длина зайки, м	Длина скважины, м	Масса заряда ВВ, кг	Плотность заряжания, кг/лм³	Удельный расход ВВ, кг/м³	Выход гор- ной массы с 1 м сква- жины, м³	Выход фракции (%) по крупности, мм						
								0—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120
VII	2,28	0,7	5,4	14,3	0,338	0,572	4,64	22	28	16,8	16,3	14,3	2,4	0,2
VII	2,79	0,8	10,8	33,1	0,421	0,425	7,35	28	26,1	13,2	17,0	3,57	2,0	0,13
VII	3,2	0,76	4,9	21,2	0,654	0,480	9,0	49,1	31,7	16,2	14,3	13,1	4,8	0,8
VII	3,72	0,6	9,3	49,4	0,721	0,411	12,85	30,0	23,4	12,6	17,1	10,7	4,2	1,0
VIII	3,4	0,65	15,8	64,4	0,54	0,365	11,11	27,0	25,3	21,0	16,8	6,9	2,6	0,4
IX	3,38	0,75	8,8	42,1	0,67	0,446	10,68	28,4	17,0	35,5	10,6	8,6	3,9	1,0
X	1,86	0,74	5,0	10,32	0,307	0,682	3,04	19,4	34,8	19,4	19,3	3,8	2,44	0,86

Для выяснения влияния параметров буровзрывных работ на эффективность разрушения пород при горизонтальном расположении скважин в условиях прииска «Бурхала» выполнены опытные взрывы [22].

Скважины глубиной 7—8 м диаметром 105 мм бурили в два ряда: скважины нижнего ряда — нисходящие под углом 7° к горизонту, а верхнего ряда — восходящие под углом 15° . Во всех опытах углы наклона скважин оставались неизменными. Высота уступа менялась от 2,5 до 3,5 м.

Взрываемый участок был разбит на четыре зоны. В каждой зоне расстояние между рядами скважин (в каждом ряду по две скважины) оставалось постоянным и составляло 2; 2,5; 3 и 3,5 м. Вследствие изменчивости высоты уступа л.н.с. колебалась от 2,5 до 3,5 м. В качестве ВВ применяли игданит. Масса заряда — 40 кг, боевика — 5 кг, инициирование — прямое. Зарядание скважины производили с помощью зарядной машины УЗА-3-11.

Критериями эффективности параметров буровзрывных работ являлись выход горной массы с 1 м скважины и ее гранулометрический состав. Качество дробления устанавливали линейным методом путем замера кусков по профильным линиям, выход породы с 1 м скважины определяли по маркшейдерским замерам.

Анализ результатов взрывов показал, что на качество дробления горизонтальными скважинами существенное влияние оказывает сетка их расположения (табл. 12). Так, при сетке скважин $2 \times 2,8$ м и $2,5 \times 3,5$ м диаметр среднего куска соответственно 29,3 и 57,1 см, т. е. при расширении сетки в 1,5 раза диаметр среднего куска увеличился почти вдвое. Дальнейшее расширение сетки привело к ухудшению дробления: при сетке $3 \times 3,2$ м диаметр среднего куска составил 62,7 м. Следует отметить, что при сетке $3,5 \times 2,5$ м (коэффициент сближения — 1,4) качество дробления лучше, чем при сетке $2,5 \times 3,5$ м (коэффициент сближения — 0,72).

Таким образом, увеличение относительного расстояния между одновременно взрываемыми зарядами при постоянной сетке расположения зарядов способствует улучшению степени дробления отбитой горной массы. Это свидетельствует о возрастании доли полезно используемой энергии взрыва на разрушение массива.

Таблица 12

Расстояние между скважинами в ряду, м	Л и с. м	Выход фракций (%) по крупности, мм						Средний диаметр куска, см	Коэффициент сближения скважин	Выход горной массы с 1 м скважины, м ³
		0—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100			
2,0	2,8	61,0	8,5	13,5	7,0	10,0	—	29,3	0,7	5,6
2,5	3,5	34,0	6,5	5,5	19,0	14,0	21,0	57,1	0,7	8,7
3,0	3,2	34,7	5,4	10,0	3,4	4,8	41,7	62,7	1,0	9,6
3,5	2,5	56,0	4,5	13,0	10,5	9,5	6,5	36,5	1,5	8,7

Широкое применение отбойки горной массы горизонтальными скважинными зарядами сдерживается отсутствием соответствующего высокопроизводительного бурового оборудования.

Анализ ведения буровзрывных работ на разработке многолетнемерзлых россыпей показал, что вследствие высокой вязкости и пластичности пород величина замедления между взрывами смежных рядов 25—35 мс недостаточна. Для определения оптимального времени замедления выполнены исследования закономерностей разрушения многолетнемерзлых отложений.

Интервал замедления между взрывами скважинных зарядов является одним из наиболее существенных параметров буровзрывных работ.

Существующие в настоящее время теоретические воззрения на механизм разрушения горных пород взрывом весьма разнообразны, а иногда и противоречивы. Поэтому исследования в условиях разработки многолетнемерзлых пород были основаны на промышленном эксперименте.

Оптимальное время замедления находится между значениями времени на образование новой свободной поверхности и времени, по истечении которого возможно нарушение целостности взрывной цепи взрывами последующего ряда скважинных зарядов. Время, необходимое для образования новой свободной поверхности, устанавливали при помощи датчиков, представляющих собой

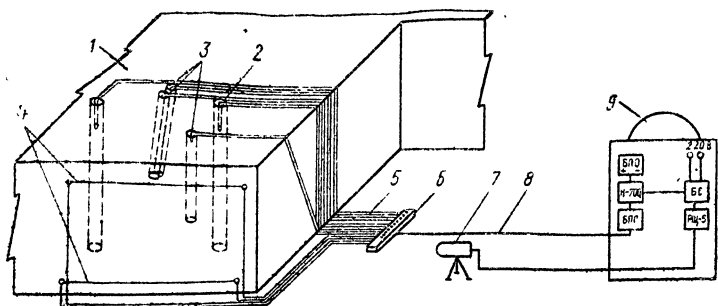


Рис. 25. Схема расположения регистрирующей аппаратуры при установлении оптимального времени замедления:

1 — взрываемый блок; 2 — скважины; 3 — шнур под датчик; 4 — датчик; 5 — провода; 6 — распределительная коробка; 7 — кинокамера СКС-1м; 8 — кабель; 9 — передвижная лаборатория; БПО — блок питания осциллографа; Н-700 — осциллограф; БПГ — блок питания гальванометра; БС — блок синхронизации; РЩ-5 — распределительный щит

стеклянную трубку длиной 1,5 м, на поверхности которой по всей длине натянут провод диаметром 0,08—0,15 мм. Датчики устанавливали в шпур, пробуренные между скважинами взрываемого ряда (рис. 25).

В момент разрушения массива по линии скважин шпур разрушался, что регистрировалось на осциллографе. Началом отсчета времени, необходимого для образования новой свободной поверхности, являлось начало детонации скважинного заряда, которое регистрировалось при помощи проволоочного датчика, представляющего собой один-два витка провода вокруг патрона-боевика.

Время, по истечении которого возможно нарушение целостности взрывной цепи последующего ряда скважинных зарядов, устанавливалось также при помощи датчиков, устанавливаемых в шпурах, в тыльной части уступа. Кроме того, для получения более надежной информации разрушение этой части уступа фиксировали на киноплёнку с помощью скоростной кинокамеры СКС-1м.

Как показали выполненные измерения, оптимальное время замедления для данных условий составляет 50 мс (рис. 26).

Для определения влияния кусковатости взорванной породы на производительность погрузочных механизмов выполнены хронометражные наблюдения за работой экс-

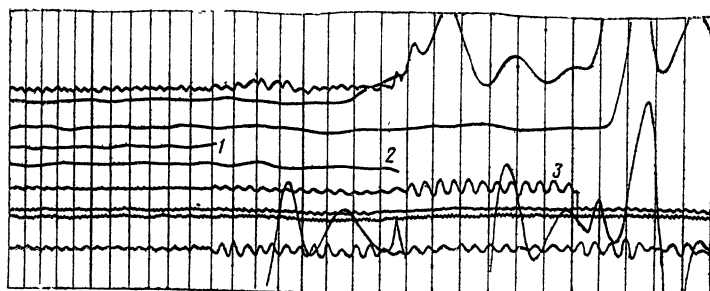


Рис. 26. Осциллограммы разрушения мерзлых пород взрывом скважинных зарядов.

1 — начало детонации заряда; 2 — разрыв проводочного датчика первого разряда; 3 — разрыв проводочного датчика второго разряда

каватора ЭКГ-4,6 при погрузке породы в автосамосвалы БелАЗ-450. При этом фиксировалось время каждой операции, заполнение ковша, число погруженных ковшей, продолжительность погрузки автосамосвала. Одновременно измеряли объем негабаритных кусков и их количество. Результаты наблюдений показали, что качество взрывных работ существенно влияет на производительность экскаватора (табл. 13).

Так, при сетке расположения скважин 4×7 м и диаметре среднего куска 20 см в результате завышенного расхода ВВ и, как следствие, переуплотнения взорванной породы производительность экскаватора оказалась самой низкой ($191 \text{ м}^3/\text{ч}$), а продолжительность цикла черпания составила в среднем 10,6 с. При расширении

Таблица 13

Расстояние, м		Длительность, с			Время чистой работы, ч	Выход негабарита		Часовая производительность экскаватора, м^3
Между рядами	Между скважинами	черпания	разгрузки ковша	цикла		м^3	%	
6	4	7,4	3,8	26,5	14,0	—	—	220
6	5	8,0	4,0	27,8	18,0	13,5	0,35	214,4
4	7	10,6	5,1	31,9	51,4	86,1	0,88	191,1
4	8	8,9	4,1	29,3	36,4	299	3,9	210,7
4	9	9,4	4,4	29,7	16,0	13,5	0,42	202,8

сетки (4×8 м) и снижении удельного расхода ВВ до 1,18 кг/м³ переуплотнения не наблюдалось. При дальнейшем расширении сетки скважин увеличивается кусковатость, и на производительность экскаватора уже в первую очередь влияет кусковатость взорванной породы (рис. 27).

В результате математической обработки статистических данных получена следующая зависимость производительности экскаватора (м³/ч) от диаметра среднего куска

$$P_{\text{экс}} = 535 \sqrt{0,18 - d_{\text{ср}}}.$$

При этом коэффициент вариации составляет около 14%.

Особенно существенно влияет качество дробления на продолжительность цикла, которая изменялась от 28,3 до 31,9 с и во всех случаях была на 20—30% выше, чем при погрузке талых пород.

Современные методы ведения взрывных работ позволяют управлять энергией взрыва в довольно широких пределах. Эти методы предусматривают короткозамедленное взрывание, взрывание в зажатой среде и сочетание различных схем взрывания.

Уменьшить разброс породы взрывом первого ряда скважин и увеличить степень дробления массива можно путем создания преграды из взорванной ранее горной массы. Такая преграда уменьшает боковое смещение взрывающегося блока в период его разрушения, способствуя увеличению времени воздействия продуктов взрыва на массив, а также столкновению больших объемов отбиваемой горной массы. Следует отметить, что эффективность взрывания в зажатой среде проявляется только при многорядном короткозамедленном взрывании.

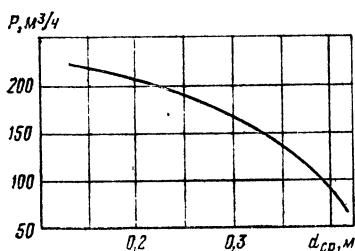


Рис. 27. Зависимость производительности экскаватора ЭКГ-4,6 от кусковатости взорванной породы

В настоящее время на открытых разработках Северо-Востока многорядное короткозамедленное взрывание выполняется, как правило, с помощью детонирующего шнура. Широкое применение детонирующего шнура обусловлено его относительно высокой безопасностью и простотой монтажа взрывных цепей, возможностью с помощью пиротехнических замедлителей взрывания в один прием неограниченного числа рядов с заданными интервалами замедления между взрывами зарядов или групп зарядов. В то же время взрывание детонирующим шнуром имеет существенные недостатки: большое число отказов, особенно в холодное время года, низкая иницирующая способность, значительный разброс интервалов замедления пиротехнических средств взрывания, относительная дороговизна детонирующего шнура и его дефицит.

Более перспективным является способ взрывания электродетонаторами, но и ему присущ ряд недостатков, которые не позволяют широко применять его во взрывной практике. Это прежде всего значительные трудности выполнения многорядного короткозамедленного взрывания.

В последнее время наметилась тенденция увеличения объемов массовых взрывов, за один прием взрывается до 15 тысяч зарядов. Это обуславливает повышенные требования к мощности источника питания: следует применять конденсаторные взрывные машинки с повышенным напряжением, что увеличивает опасность отказов из-за утечек тока при недостаточной изоляции проводов взрывной сети, либо с повышенной емкостью конденсатора-накопителя, что связано с увеличением массы прибора.

Вместе с тем, практически на всех объектах при взрывных работах целесообразно при электровзрывании использовать силовые или осветительные сети переменного тока частотой 50 Гц, являющиеся весьма мощными и надежными источниками тока.

Во ВНИИ-1 разработана система многорядного короткозамедленного автоматического взрывания, отличающаяся повышенной надежностью работы.

Замедление между взрывами смежных рядов скважинных зарядов достигается применением обычных пиротехнических замедлителей, однако при этом для всего

взрываемого блока применяются электродетонаторы одной серии замедления.

На вскрыше торфов широко применяются массовые взрывы по типовым проектам, которые составляются для каждого полигона. Количество ВВ на один взрыв по типовому проекту не должно превышать 10 т. Учитывая идентичность горно-геологических условий россыпных месторождений в районах Северо-Востока СССР, аналогичные параметры буровзрывных работ на соответствующих полигонах производственных объединений Северовостокзолото и Якутзолото, а также высокий уровень механизации применения игданита в этом регионе, Госгортехнадзором СССР разрешены в опытном порядке массовые взрывы до 25 т игданита по типовым проектам на каждый полигон. Это позволяет резко сократить число взрывов и повысить качество контроля, а следовательно, и безопасность их производства.

4. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ В ШАХТАХ

Подземная разработка многолетнемерзлых россыпей характеризуется рядом особенностей, которые предопределяются прежде всего мерзлым состоянием отложений, представляющих собой монолитный массив.

Очистные работы. При выемочной мощности менее 1,7 м шпурсы располагают в два ряда, при большой мощности — в три и даже в четыре ряда, парами один над другим или в шахматном порядке. Диаметр шпуров 40—43 мм (бурение перфораторами) и 46—50 мм (электро-вращательное бурение), глубина 1,3—1,7 м.

Во многих случаях в лавах необходимо одновременно взрывать 100 шпуров и более, применяют огневой способ взрывания.

При подземной разработке вечномерзлых россыпей применяют сплошную или камерную системы разработки с параллельным продвижением линии очистного пространства — лавы. Доставку взорванного песком выполняют скреперами. Это предопределяет необходимость ведения взрывных работ одним уступом.

Применение электровзрывания в этих условиях весьма затруднительно и неэффективно, так как выпускаемыми промышленностью электродетонаторами нельзя обеспечить требуемое число замедлений.

Электроогневой способ взрывания в лавах [2] также не обеспечивает повышения безопасности и высоких технико-экономических показателей буровзрывных работ. Для обеспечения последовательного взрывания 150 шпуров в лаве с расчетным интервалом замедления между взрывами соседних зарядов 5 с потребовались бы электрозажигательные трубки длиной до 8,5 м. Обеспечить заданную очередность взрывов таким способом не представляется возможным вследствие разброса скоростей горения огнепроводного шнура.

Огневое взрывание неограниченного числа зарядов [4] в лаве (в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах») в полной мере невозможно из-за малой высоты очистного пространства в лаве (менее 1,8 м). В лавах длиной до 50 м

с высотой очистного пространства не менее 1,4 м временно разрешено огневое взрывание. За один прием разрешается взрывать такое число зарядов, чтобы взрывник до начала взрывов смог уйти в безопасное место. Исходя из этих требований и применяя зажигательные трубки длиной до 4 м (чтобы избежать их дублирования), за один прием заряжают и взрывают не более 60 зарядов. Поэтому взрывание зарядов в лавах ведется в несколько приемов, что приводит к увеличению продолжительности взрывных работ и снижению их технико-экономических показателей.

Однако принятая технология ведения взрывных работ не обеспечивает строгого выполнения заданной очередности взрывов. При интервале 5 с между поджиганиями соседних зажигательных трубок вследствие неравномерности скорости горения огнепроводного шнура случаются одновременные взрывы смежных зарядов, или даже заряды дальних рядов взрываются ранее зарядов, размещенных вблизи открытой поверхности. Затрудняется подсчет взорвавшихся зарядов, нарушается равномерность нагрузки на каждый заряд и вследствие подбоя соседних зарядов случаются отказы и разбрасывание патронов с несдетонировавшим ВВ по забою, осложняющие ведение горных работ.

Для повышения безопасности огневого способа взрывания на одном из приисков Магаданской области испытана принципиально новая схема взрывания с помощью воспламенительного шнура.

Созданный принципиально новый медленно горящий воспламенительный шнур воспламеняет зажигательные трубки, скорость горения воспламенительного шнура 3—5 см/с в интервале температур $\pm 50^{\circ}\text{C}$. Воспламенительный шнур (рис. 28) содержит в качестве несущего элемента основу из трех нитей хлопчатобумажной пряжи 1, скрепленных нитью вискозного шелка 2. На основу шнура при его изготовлении последовательно наносится слой пластичной водо- и морозоустойчивой массы 3 и защитной оболочки 4.

Взрывная цепь состоит из зажигательных трубок 2, воспламенительного шнура 1 и соединителей 3 (рис. 29). Соединитель представляет собой металлическую гильзу с боковой прорезью для размещения в ней воспламенительного шнура. В конце гильзы соединителя запрессо-

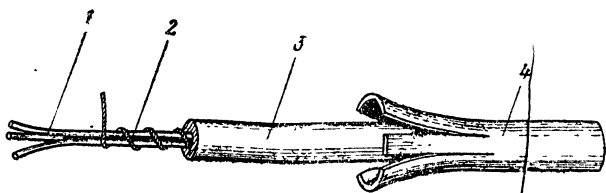


Рис. 28. Медленно горящий воспламенительный шнур

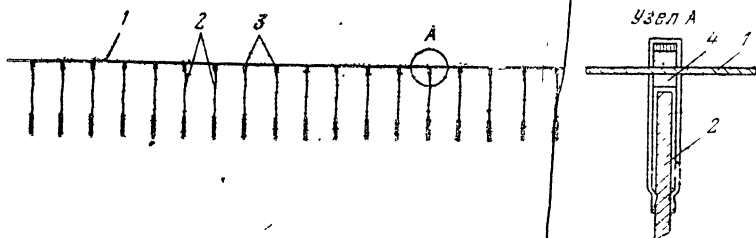


Рис. 29. Схема соединения воспламенительного шнура с огнепроводным шнуром

вана пороховая таблетка для кумуляции пламени, в корпусе у верхней и нижней краях прорези помещена воспламенительная смесь 4. Огнепроводный шнур зажигательной трубки 2 вводится в соединитель как в капсуль-детонатор до отказа и также закрепляется.

Заданный интервал замедления между взрывом соседних зарядов обеспечивается временем горения отрезка магистрали 1 воспламенительного шнура между соединителями.

Для обеспечения надежности поджигания зажигательных трубок воспламенительным шнуром проведены полигонные испытания. Взрывную сеть монтировали из воспламенительного шнура длиной 50 м, или 100 отрезков огнепроводного шнура длиной по 2 м, подсоединенных к воспламенительному шнуру соединителями через интервал 0,5 м. Установлено, что воспламенительный шнур горит равномерно, сгорает полностью, надежно поджигает концы огнепроводного шнура.

В местах соединений из-за вспышки зажигательной смеси наружное пламя сбивается, но через 1—2 с воспламенительный шнур продолжает гореть открытым пламенем.

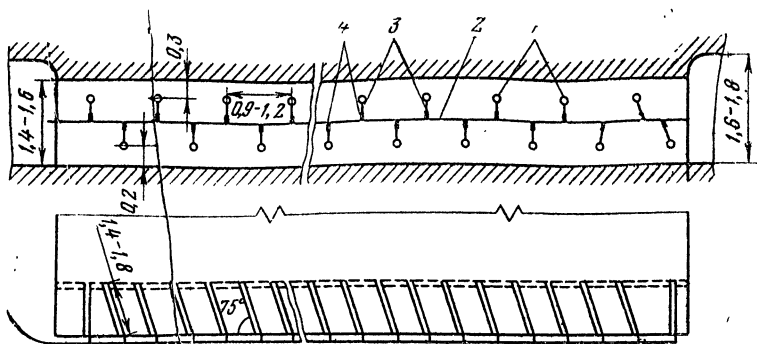


Рис. 30. Схема взрывания с помощью воспламенительного шнура

На основании положительных результатов полигонных испытаний выполнены промышленные испытания нового способа взрывания в действующих лавах (рис. 30). Длина лавы — 30—50 м, число шпуров в забое — 70—100.

При проведении промышленных испытаний все шпуры 1 в лаве заряжали в один прием. Вдоль очистного забоя на высоте 1 м от почвы протягивали нитку воспламенительного шнура 2. Выполнено 38 циклов и взорвано 3905 зарядов ВВ. Для сравнения в этих же условиях производили взрывание огнем методом.

Испытания подтвердили высокую безопасность взрывания, отмечено всего три затухания магистрали воспламенительного шнура. Однако отказы были устранены повторным его поджиганием.

Два отказа были вызваны разрывом передачи огневого импульса от воспламенительного шнура зажигательной трубке 3. Один — из-за некачественного закрепления соединителя 4 и на зажигательной трубке, в результате чего огнепроводный шнур отошел от зажигательной смеси соединителя, второй — из-за некачественного изготовления соединителя.

Сравнительные технико-экономические результаты взрывания обычным способом и воспламенительным шнуром приведены в табл. 14, из которой следует, что взрывание воспламенительным шнуром существенно улучшает технико-экономические показатели буровзрывных работ. КИШ увеличился на 17%, удельный расход

Таблица 14

Показатели	Взрывание	
	огневос	воспламени- тельным шнуром
Длина лавы, м	36	36
Высота лавы, м	1,6	1,6
Число шпуров в забое	73	93
Глубина шпуров, м	1,4	1,4
Масса заряда ВВ в шпуре, кг	0,9	0,9
Затраты времени по операциям, мин:	224	206,5
зажигание шпуров	85	102
монтаж взрывной сети	—	18
поджигание зажигательных трубок	8	—
уход в безопасное место и подсчет числа взрывов	111	32,5
проветривание и осмотр за- боя после взрыва	120	64
Подвигание забоя за один взрыв, м	1,08	1,23
КИШ	0,77	0,9
Объем отбитой горной массы, м ³ :		
за взрыв	62,5	94
на 1 м шпура	0,61	0,72
Расход ВВ на забой, кг	66	85
Удельный расход ВВ, кг/м ³	1,05	0,9
Расход воспламенительного шнура, м:		
на забой	—	58,5
на 1 м подвигания	—	0,65
Расход огнепроводного шнура, м:		
на забой	249	186
на 1 м подвигания	40	2,0
Удельные затраты времени на заря- жание и взрывание на 1 м ³ гор- ной массы, м ³	3,6	2,2

ВВ снизился с 1,05 до 0,9 кг/м³, в два раза сократился расход огнепроводного шнура, в 1,5 раза уменьшились затраты времени на взрывные работы.

Кроме того, при взрывании воспламенительным шнуром наблюдается меньшее заколообразование кровли забоя. Плоскость забоя после взрыва остается без впадин и выступов, что создает более благоприятные условия для скреперной доставки песков из лавы (снижаются непроизводительные затраты ручного труда на разборку породы во впадинах забоя). Следовательно, основной причиной заколообразования в забое является нарушение заданного порядка взрывания.

Результаты выполненных испытаний свидетельствуют о высокой безопасности и эффективности этого способа взрывания.

Проведение выработок. При разработке россыпей подземным способом горные выработки проходят сечением 3—8 м². Число шпуров на забой и их глубину выбирают в зависимости от физико-механических свойств горных пород и сечения выработки, способа бурения и организации работ (рис. 31, а).

Как правило, бурят 7—12 шпуров на забой глубиной 1,2—1,5 м. Подвигание забоя за взрыв 1,2—1,3 м. Удельный расход ВВ — 1,2—1,8 кг/м³, бурения 2—2,6 м/м³.

Результаты исследований и анализ опыта проведения выработок показали, что для выработок с поперечным сечением более 5 м² наиболее эффективным является клиновой вруб с центральным шпуром, для выработок сечением 5—4 м² — пирамидальный и для выработок с сечением менее 4 м² — вруб «ножницы». Для увеличения уходки за один взрыв до 2,5 м целесообразно применять вруб с двумя ярусами [12].

На мерзлых породах буровзрывным способом проходят шурфы как правило сечением 1,25 м², глубиной до 30 м. При проходке шурфов много внимания уделяется совершенствованию паспортов буровзрывных работ, схем монтажа электровзрывных сетей и организации работ. Так, в Сусуманском ГОКе на проходке разведочных шурфов паспортом буровзрывных работ предусматривается взрывание с помощью электродетонатора только одного шпурового заряда, взрывание зарядов остальных шпуров — посредством отрезков детонирующего шнура, один конец которых вводится в заряд с электродетонатором, второй — без электродетонатора (см. рис. 31, б). Взрывание по такой схеме имеет то достоинство, что в случае отказа электродетонатора не взрываются все заряды, а в случае отказа детонирующего шнура отказавший заряд без электродетонатора представляет меньшую опасность, чем с электродетонатором.

К недостаткам такой схемы взрывания следует отнести одновременное взрывание в шурфе всех шпуров, что ухудшает технико-экономические показатели буровзрывных работ, — КИШ не превышает 0,7.

В связи с этим на прииске им. Горького разработан и внедрен в производство паспорт буровзрывных работ,

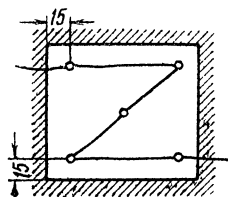
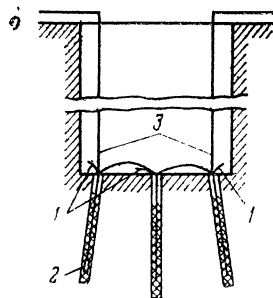
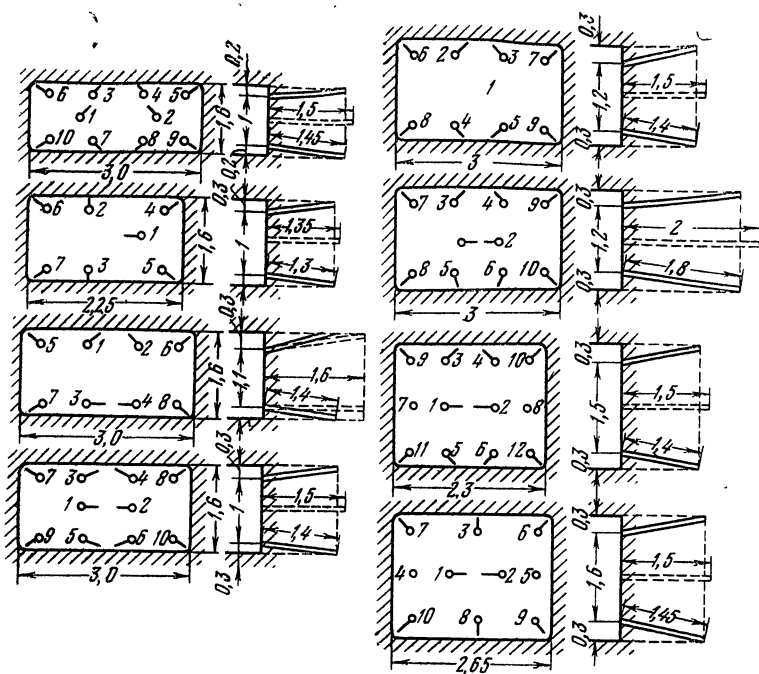


Рис. 31. Схема расположения шпуров в забое подготовительных выработок

по которому в каждый штур вводят по одному электродетонатору и для ликвидации возможных отказов — по одному отрезку ДШ. Если в забое шурфа бурят два шпура, заряды в них взрывают с помощью электродетонаторов двух степеней замедления с интервалом не менее 0,5 с. Если бурят пять шпуров, взрывание ведут электродетонаторами трех степеней замедления с теми же интервалами. Первым взрывается центральный (врубовой) шпур, затем попарно — остальные шпуры. Интервал между взрываемыми парами также должен быть не менее 0,5 с. Детонирующий шпур в случае отказа облегчает обнаружение заряда и безопасную его ликвидацию путем подсоединения к шнуру электродетонатора.

При таком способе взрывания повышаются безопасность и производительность труда проходчиков.

Чтобы определить условия эффективного применения игданита в шахтах, выявить работоспособность зарядчиков и выбрать наиболее надежный и безопасный из них, при подземной разработке россыпей испытаны зарядчики ППЗ-2, ПЗЖ, ЗППН-3-1, «Курама-7» (табл. 15).

Таблица 15

Показатели	ПЗЖ	ППЗ-2	«Курама-7»	Порционный ЗППН-3-1
Емкость бункера, кг	28	—	8	45
Масса зарядчика, кг	113,7	1,0	2,2	36
Производительность, кг/мин:				
чистая	30	8,5	10—15	60
техническая	3,8	2	2,5	6,0
Число обслуживающих рабочих	1	2	2	1
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	0,5	2—3	1,5—2,0	1,0—
Управление	Дистанционное	Местное	Местное	Дистанционное
Диаметр транспортирующего шланга, мм	25	—	—	25
Дальность транспортирования, м	40	2,0	2,0	60
Стоимость заряжания 1 т игданита, коп:	105	120	110	101,6
в том числе:				
по трудовым затратам	81	101	96,6	77,0
по расходу сжатого воздуха	1,0	19	10,8	9,6

Наилучшие результаты получены при зарядании пневмозарядчиком нагнетательного действия ПЗЖ: производительность зарядчика по чисто машинному времени 29,4 кг/мин. Наличие редукционного клапана на зарядчике позволяет устанавливать необходимое давление в бункере зарядчика и тем самым выбирать оптимальный режим зарядания. При зарядании отмечен наименьший обратный выброс игданита из шпура. Оптимальная длина шланга дистанционного управления 10 м.

Недостаток зарядчика — сложность конструкции, затрудняющая изготовление его в приисковых мастерских.

Более прост в изготовлении порционный зарядчик ЗППН-3-1, но при зарядании игданитом, приготовленным из аммиачной селитры с частично разрушенными гранулами, игданит заполняет дозатор не полностью, вследствие чего выдерживается заданный объем заряда. Для заполнения дозатора на бункере порционного зарядчика установлен вибратор, включающийся только на период засыпки ВВ в дозатор (рис. 32).

Одним из неудобств обращения с игданитом при зарядании шпуров — это трудность его доставки с централизованного пункта до забоя. Применявшиеся для переноски ВВ брезентовые и прорезиненные мешки и сумки через 2—3 сут полностью пропитывались топливом, что связано с повышенной пожароопасностью. Улучшения доставки игданита к забою удалось добиться путем замены их полиэтиленовыми бидонами емкостью 20—30 л и массой не более 3 кг. Эти бидоны кислотоустойчивы, достаточно прочны, снабжены герметически закрываемой крышкой.

Весьма перспективно применение смесительно зарядных машин. Для зарядания шпуров и мелких скважин разработано две конструкции смесительно-зарядных машин СЗМ-25 и СЗМ-1П (рис. 33 и 34), обеспечивающие заданное соотношение компонентов АС ÷ ДТ благодаря наличию объемных дозаторов для аммиачной селитры и дизельного топлива.

После длительного контакта огнепроводного шнура с игданитом дизельное топливо проникает в сердцевину шнура, что ведет к флегматизации пороховой сердцевины. Это может явиться причиной отказа или нарушения очередности взрывания зарядов.



Рис. 32. Заряжание шнуров в лаве порционным зарядчиком ЗППН-3-II, оборудованным автоматически включающимся вибратором

Исследования ИГД им. А. А. Скочинского [16] показали, что с увеличением времени контакта с игданитом скорость горения шнура уменьшается и нарушается равномерность горения. Изоляционные свойства шнура со сроком хранения более года понижаются, ухудшается его эластичность, и на поверхности шнура образуются трещины и надломы. Однако практика взрывания игданитом на приисках Северо-Востока показывает, что отказов или некачественных взрывов не происходит даже в случае нахождения огнепроводного шнура в заряде игданита более 30 ч. Для определения безопасных условий применения игданита при огневом способе взрывания испытывали огнепроводный одинарный асфальтированный шнур марки ОША. Отрезки шнура длиной 2 м помещали в полиэтиленовые трубы диаметром 100 мм, длиной 1,8 м. Испытан также огнепроводный шнур с из-

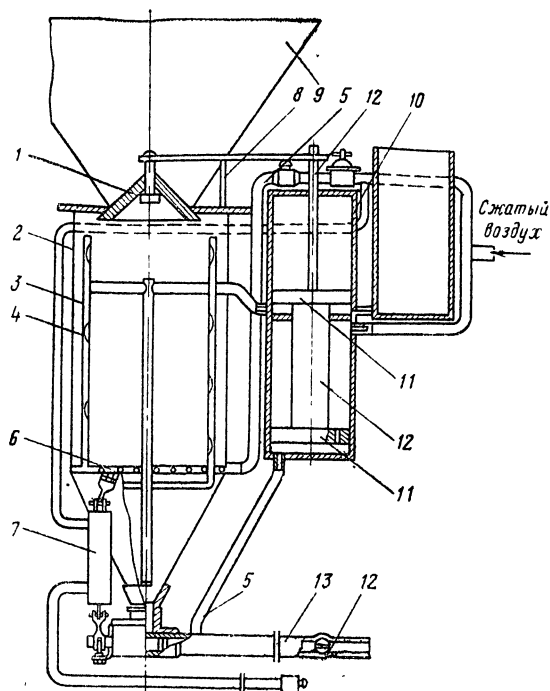


Рис. 33 Смесительно-зарядная машина СЗМ-25:

1 — запорный клапан; 2 — камера смешения; 3 — разбрызгивающие трубки; 4 — форсунки; 5 — трубопроводы; 6 — д-затор; 7 — механизм дистанционного управления; 8 — перегородка; 9 — бункер; 10 — пневмоцилиндр; 11 — поршни; 12 — шток; 13 — кран управления

ломами (восемь изломов на отрезке 1,8 м), в сравнении с огнепроводным шнуром с неповрежденной оболочкой. Игданитом состава 94:6 заряжали трубу нагнетательным зарядчиком ПЗЖ.

Испытания вели двумя способами: отрезки шнура выдерживали в игданите в течение определенного времени, после чего извлекали из трубы, укладывали на почву выработки и поджигали; то же, но отрезки не извлекали из трубы. Отрезки шнура выдерживали в игданите от 1 до 144 ч, затем поджигали и определяли продолжительность горения. Равномерность горения шнура оценивали коэффициентом вариации времени сгорания отрезков огнепроводного шнура.

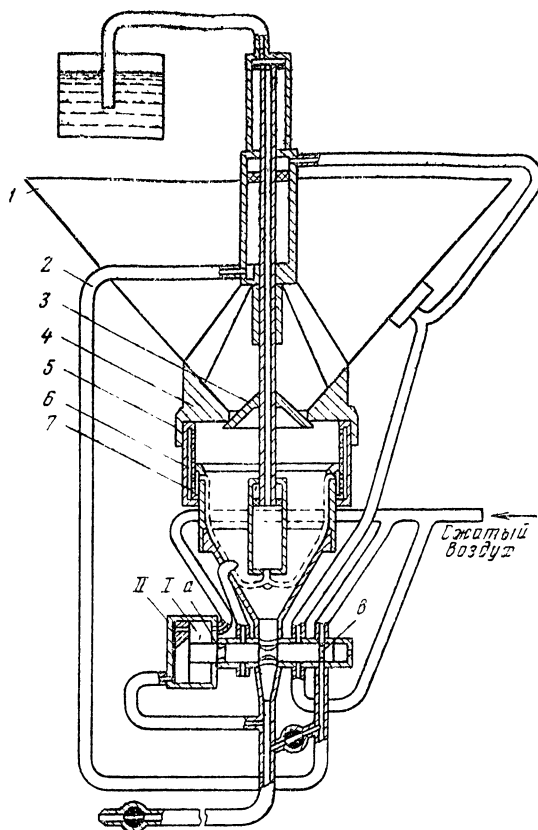


Рис. 34. Смесительно-зарядная машина СЗМ-ІП:

1 — загрузочный бункер; 2 — трубопроводы; 3 — запорный клапан; 4 — кольцо крепления бункера; 5 — кольцо крепления дозатора; 6 — каналы; 7 — форсунки

Результаты испытания приведены в табл. 16, из которой следует, что скорость и равномерность горения шнуров, находящихся в момент горения в игданите (кривая 1 на рис. 35), больше, чем извлеченных из заряда к моменту зажигания (кривая 2). С увеличением времени нахождения огнепроводного шнура в игданите скорость его горения значительно уменьшается. Несмотря на это горение шнуров остается достаточно равномерным. Максимальный разброс времени горения $K_{\text{вар}} = 10,7\%$ получен при испытании шнура, находившегося в

Таблица 16

Время выдержки, ч	Шпур	Среднее время горения отрезка, с	Минимальное время горения отрезка, с	Максимальное время горения отрезка, с	Разница времени горения, %		Коэффициент вариации	
					по каждой части испытаний	по всему испытанию	по части испытаний	по всему испытанию
0	Неповрежденный	213,3	204	219	7,3	8,4	2,95	3,0
	Поврежденный	213,3	202	210	8,4		3,3	
2	Неповрежденный	216,7	211	228	8,0	40,3	2,3	10,7
	Поврежденный	231,3	240	296	23,0		6,2	
6	Неповрежденный	266,1	258	278	7,7	16,3	2,3	5,15
	Поврежденный	292,0	288	300	4,2		1,42	
24	Неповрежденный	310,0	295	327	11,5	15,3	4,95	4,57
	Поврежденный	323,0	308	340	10,4		2,8	
48	Неповрежденный	334,4	325	346	6,5	13,8	2,0	4,42
	Поврежденный	359,6	342	370	8,2		2,69	
144	Неповрежденный	409,3	396	414	4,5	7,0	1,55	1,96
	Поврежденный	413,3	397	424	6,8		2,2	

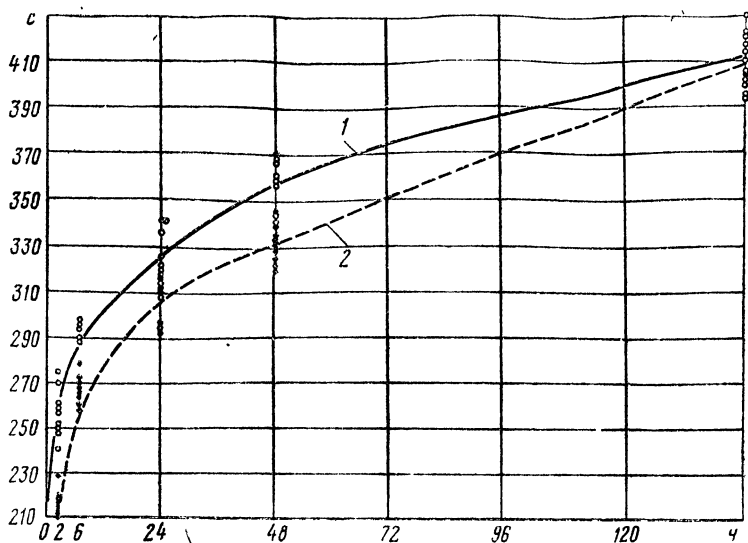


Рис. 35. Скорость горения огнестойкого шнура в зависимости от времени нахождения его в заряде игданита:

1 — поврежденный шнур; 2 — неповрежденный шнур

игданите в течение 2 ч. После выдержки в течение 6 ч равномерность горения шнура увеличивается более, чем в 2 раза. Дальнейшее увеличение времени выдержки приводит к увеличению равномерности горения, и при выдержке 6 сут. отклонение максимальной скорости горения шнура от минимальной достигает всего 7% при $K_{\text{вар}} = 1,96\%$. Очевидно, это объясняется тем, что при длительном контакте с игданитом огнестойкий шнур полностью пропитывается дизельным топливом независимо от степени его нарушенности. Значительная равномерность горения шнура позволяет применять способ взрывания практически независимо от времени нахождения шнура в игданите.

Измерения электрического сопротивления [24] показали, что даже при температуре горной породы -15°C сопротивление ее не превышает 32,2 кОм (табл. 17).

Проводимость мерзлых отложений исключает образование опасных зарядов статического электричества в шпурах, а следовательно, исключает возможность преж-

Таблица 17

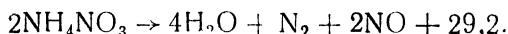
Температура, °C	Удельное сопротивление породы, КОМ·М	
	галечника	глины
—1	0,7	1,3
—2	1,3	3,1
—3	1,8	5,5
—6	3,8	15,7

Температура, °C	Удельное сопротивление породы, КОМ·М	
	галечника	глины
—7	4,6	19,4
—8	5,5	23,6
—9	6,5	27,9
—10	7,4	32,2
—15	12,0	—

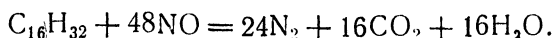
двухвременного инициирования капсюлей-детонаторов и электродетонаторов при пневмозарядании.

Ядовитые газы, образующиеся при взрыве. Взрыванию игданита, как гетерогенной взрывчатой системы, соответствует смешанная реакция химического превращения на фронте детонационной волны, при которой реакция протекает на границе раздела компонентов. Такой границей является поверхность каждой гранулы.

Наиболее вероятная реакция компонентов игданита при взрыве происходит по схеме [21]

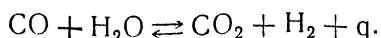


Разложение аммиачной селитры: взаимодействие продуктов термического разложения дизельного топлива с окисью азота, в процессе которого и выделяется основное количество теплоты взрыва, например, при использовании углеводорода ряда $\text{C}_n\text{H}_{2n} - \text{C}_{16}\text{H}_{32}$:



Одновременно присутствие CO_2 , CO и H_2 в продуктах взрыва в зависимости от температуры устанавливает

определенные соотношения компонентов согласно реакции образования водяного газа:



С повышением температуры реакция сдвигается влево, с понижением — вправо.

Вследствие малой прочности разрушаемая среда, представленная многолетнемерзлыми рыхлыми отложениями (временное сопротивление сжатию 50 кг/см²), не является достаточно жесткой преградой расширяющимся продуктам взрывчатого разложения ВВ. Разбор продуктов взрыва происходит быстрее, чем при взрывании крепких пород, причем время превращения ВВ на фронте детонации не изменяется или даже уменьшается.

Интенсивное охлаждение регулирующего ВВ тормозит процесс взрывчатого превращения, что может вызвать его затухание. Быстрое расширение полости взрыва и интенсивное охлаждение ВВ вызывают закалку термодинамического равновесия реакции его взрывчатого разложения. И уже при дальнейшем охлаждении состав продуктов взрыва остается неизменным, т. е. вторичные реакции не завершаются. А это приводит к неполному выделению энергии ВВ при взрыве и образованию большого количества ядовитых газов.

Уснуть влияние названных особенностей разрушения мерзлых рыхлых отложений и определить конечные продукты реакции теоретическим расчетом продуктов взрыва не представляется возможным. В ходе экспериментальных работ в действующих забоях прииска «Буркандья» исследовано влияние типа ВВ на количество выделявшейся энергии, идущей на разрушение породы, и количество образующихся ядовитых газов. Полезную

Таблица 18

ВВ	Количество ядовитых газов, образующихся при взрыве 1 кг ВВ по условной окиси углерода		
	Окись углерода	Окислы азота	Всего
Аммонал	22,0	20,6	42,6
Игданит	7,6	9,0	16,6

работу взрыва оценивали по эффективности разрушения (выход породы на 1 м шнура и удельный расход ВВ).

Количество ядовитых газов, образующихся в результате взрыва, определяли камерным методом [20]. Суммарное количество ядовитых газов (1), оцениваемое условной окисью углерода, определяли по формуле

$$S = A + 6,5 B,$$

где A — количество окиси углерода, л; B — количество окислов азота, л.

Результаты экспериментальных работ приведены в табл. 18, из которой следует, что удельное газовыделение (количество условной окиси углерода, отнесенное на 1 кг ВВ) в результате взрывания игданитом составляет в среднем 16,5 л/кг; аммоналом — 42 л/кг, что в 2,2 раза больше, чем при взрывании игданитом. Количество ядовитых газов, отнесенное на 1 м³ отбойки при взрывании игданитом, в 2—2,5 раза ниже, чем при взрывании аммоналом.

5. КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ РАЗРУШЕНИЯ МЕРЗЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Взрыво-воднотепловые методы подготовки мерзлых пород к выемке. Как показали практика взрывных работ и анализ травматизма за много лет, основной опасностью взрывных работ на разработке многолетнемерзлых россыпей является разлет кусков взорванной породы. Дальность разлета кусков породы определяется удельным расходом энергии ВВ и, как следствие, увеличением дальности разлета кусков породы при взрыве [6].

В связи с этим изыскание методом ведения взрывных работ, обеспечивающих уменьшение разлета кусков горной массы при качественной подготовке ее для последующей уборки землеройными машинами, весьма актуально, особенно в связи с тенденцией разработки мерзлых россыпей по циклично-поточной технологии, при которой требования к качеству подготовки мерзлых пород к выемке особенно жесткие.

Одним из эффективных методов взрывания с обеспечением качественного рыхления мерзлой породы является разработанный во ВНИИ-1 взрыво-воднотепловой способ подготовки мерзлой породы к выемке, при котором комплексно используется энергия ВВ и естественных источников энергии (например, энергия солнечной радиации).

В отечественной и зарубежной практике буровзрывной способ рыхления совершенствовался по пути изыскания более рациональных параметров, новых схем взрывания, конструкции зарядов, новых типов ВВ и т. д. Солнечная энергия, аккумулируемая в воде, которая посредством механического переноса могла быть использована в комплексе со взрывным разрушением для подготовки мерзлых рыхлых отложений, во внимание не принималась.

В соответствии с современными воззрениями на разрушение горных пород основные затраты энергии взрыва идут на дробление породы на достаточно мелкие куски, пригодные для эффективной работы землеройно-

транспортного оборудования. Так, применяемая на разработке многолетнемерзлых россыпей открытым способом землеройная техника (экскаваторы Э-2505, ЭКГ-2,6; бульдозеры мощностью от 100 до 500 л. с.) требует, чтобы средний диаметр кусков взорванной породы не превышал 50 см, что обуславливает необходимость затрачивать на дробление мерзлой породы от 3000 до 5000 кДж/м³ энергии ВВ.

Стоимость буровзрывных работ таким методом велика и колеблется от 0,6 до 1,2 усл. руб./м³. В связи с этим представляют интерес способы подготовки горных пород к выемке, позволяющие снизить затраты на буровзрывные работы путем исключения дробления массива на мелкие куски. Энергия ВВ используется только для расчленения массива и образования крупных глыб породы. Доводку взорванного таким образом массива до кондиций, пригодных для погрузки, выполняют более дешевым, чем ВВ, источником энергии (солнечной радиацией, воднотепловой или аэротепловой мелиорацией).

При таком способе подготовки мерзлых пород к выемке могут быть обеспечены высокая интенсивность, присущая буровзрывному способу подготовки, и низкие затраты энергетических и материальных ресурсов, характерных, например, для воднотепловой мелиорации с использованием естественных источников тепла.

При взрыво-воднотепловом методе подготовки [9] массив разбуривают вертикальными и горизонтальными скважинами, взрывают размещенные в них заряды ВВ и подвергают разрушенную горную массу искусственному оттаиванию водой, подаваемой гидромонитором или дождевальнoй установкой.

Скважины бурят и взрывают с целью отделения породы от массива и нарушения его целостности. Разбитый сетью трещин массив имеет значительно более высокий коэффициент фильтрации. Это и используется для воднотеплового воздействия на взорванную породу.

При испытаниях в промышленных условиях прииска подготавливаемый массив разбуривали вертикальными скважинами по сетке 6×12 (по обычной технологии скважины бурили по сетке 6×6 м). Высота уступа 8 м. Глубина скважины 8 м, диаметр — 214 мм. В каждую скважину помещали 100 кг ВВ (при обычной технологии

200 кг). Все заряды взрывали одновременно с помощью детонирующего шнура. Около 40% взорванного таким образом массива представлено крупными глыбами мерзлой породы, не пригодной для уборки экскаватором из-за больших размеров.

Визуальные наблюдения результатов взрыва и осмотр окрестности, прилегающей к взрываемому блоку, показали практически полное отсутствие разлета кусков породы при взрыве. Обнаружены лишь два куса породы массой до 10 кг на расстоянии 30 м от крайнего ряда скважин, в которых заряды взорваны без забойки. Взорванную таким образом породу оттаивали дренажно-фильтрационным способом, затем выполняли ее уборку экскаватором ЭКГ-4,6.

При испытаниях получены довольно высокие технико-экономические результаты: выход горной массы с 1 м скважины повысился в 4—5 раз, удельный расход ВВ снизился в два раза. Однако использование транспортных схем разработки с применением экскаваторов, погрузчиков, автоскреперов в данном случае сдерживается значительной обводненностью полигонов. Это отрицательно сказывается на транспортировании горной массы в отвал, а также на условиях работы буровых станок. Очевидно, в данном случае для проведения буровых работ, а также для разработки оттаянных пород весьма перспективно использование энергии напора струи подогретой воды.

Промышленные испытания гидроразработки мерзлых пород с подготовкой их к выемке взрыво-воднотепловым способом проведены с мая по октябрь, когда средне-месячная температура воздуха составляла: в мае $0-+2^{\circ}\text{C}$, в июне $+13^{\circ}\text{C}$, в июле $+13,5^{\circ}\text{C}$, в августе $+13^{\circ}\text{C}$, в сентября $-1-+4^{\circ}\text{C}$.

Предварительно с нижней площадки уступа, подготавливаемого к выемке блока, напором струи гидромонитора пройдены горизонтальные полости сечением $0,9-1,5\text{ м}^2$, глубиной 15—30 м. В эти полости помещали заряды ВВ из расчета удельного расхода $0,3-0,5\text{ кг/м}^3$ (что в 2—3 раза меньше заряда рыхления). После взрыва воднотепловую мелиорацию массива выполняли дождевальными установками верхней площадки уступа и гидромониторами, установленными на нижней площадке уступа (рис. 36).

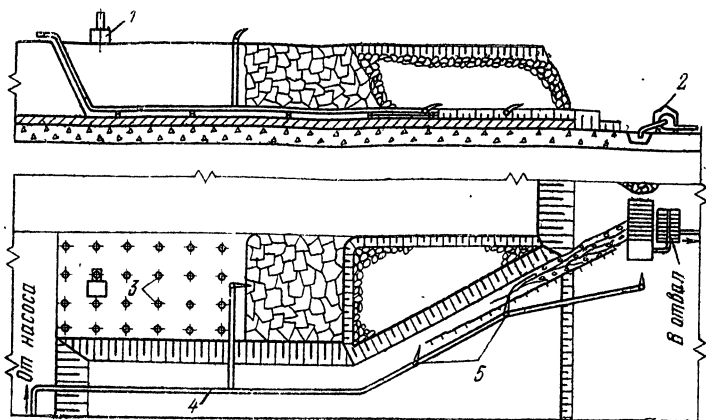


Рис. 36. Схема подготовки мерзлых отложений комбинированным воздействием взрыва и водотепловой мелиорации:

1 — буровой станок; 2 — землесос; 3 — скважины; 4 — водовод; 5 — гидромонитор

Бурение полостей проводилось гидромонитором с насадкой 50 и 75 мм, установленным на расстоянии 5—15 м от борта, при давлении воды 6—7,5 кгс/см². Средняя скорость бурения составила 8 м/ч. Максимальная длина одной полости достигала 27 м при расстоянии от насадки гидромонитора до устья 16 м. Общая длина пробуренных полостей за период промышленных испытаний составила 520 м. В результате воздействия струи гидромонитора сечение полости получилось сводчатой формы размером 0,8—1,5 м², угол наклона составлял 2—4°. Температура воздуха в забое полости составляла 1—2°С, при закрытом устье — 7°С. В забое было сухо.

Полости располагали на расстоянии 15—20 м, равном высоте уступа. Скважины располагали веером таким образом, чтобы расстояние между концами полостей равнялось высоте уступа.

Полости заряжали игданитом с помощью пневмозарядчиков ЗП-25, сжатый воздух к которым подавался от компрессора ДК-660. Величина скважинного заряда составляла 750—1000 кг, при этом выход породы от взрыва одного заряда достигал 2500 м³, а удельный расход ВВ 0,3—0,4 кг/м³. Заряжание одной полости зани-

мало 40 мин с учетом времени на приготовление игдани-та. Коммутацию взрывной сети выполняли детонирующим шнуром, взрывание — короткозамедленное, с интервалом замедления 50 мс.

При взрыве разлет кусков породы наблюдался лишь в сторону устьев взрывных полостей, что свидетельствует о необходимости применения забойки. Использование в качестве забойки небольшого заряда (до 10 кг) ВВ, размещенных в полости в 5 м от ее устья резко снизило количество разлетающихся кусков породы.

В результате взрыва массив оказался разрушенным на крупные глыбы, гранулометрический состав которых следующий:

Размер фракций, м . . .	0,1	1,2	2,3	3,4	4—10
Содержание, % . . .	31,0	31,7	14,7	8,9	13,7

После взрыва мерзлый массив с нарушенной структурой подвергался оттаиванию с помощью гидромониторов.

Вода из заранее подготовленного водоема насосом подавалась в нагнетательный трубопровод и далее к гидромониторам. Верхний гидромонитор работал в зависимости от создающейся ситуации в режиме разбрызгивания (дождевания) либо в режиме смыва. Нижние гидромониторы использовались для размыва и перемещения горных пород к зумпфу землесоса.

Проходя по взорванному массиву, вода вызывает таяние льда, содержащегося в породе, а мерзлая порода разрушается. Благодаря резкому повышению фильтрационной способности массива вследствие возникновения при взрыве трещин между отдельными кусками породы резко увеличивается интенсивность их оттаивания. Струя воды гидромониторов вместе с потоком воды из оттаившего льда, смешиваясь с породой, образует пульпу, которая выдается землесосом в отвал.

Технико-экономический анализ показал, что при существенном повышении безопасности взрывных работ экономическая эффективность от применения взрывоводнотеплового способа подготовки мерзлых пород с последующей их гидравлической разработкой возросла не менее чем на 30%.

К достоинствам разработанной технологии необходимо отнести и возможность в летний период использовать простейшие ВВ типа игданита. Существенным достоинством данного способа является его универсальность и простота перехода от работ по вскрыше торфов к промывочным работам, так как используются те же стояки землесосов и те же горнотехнические сооружения (за исключением того, что при переходе к промывочным работам в цепь узлов и механизмов по вскрыше включаются приборы для обогащения песков). Это создает предпосылки для поточной технологии ведения горных работ на открытой разработке россыпей Северо-Востока СССР.

Разупрочнение мерзлых пород взрывным засолением. Одним из радикальных путей снижения разброса кусков породы взрывом является разупрочнение мерзлой породы комплексным воздействием на мерзлый массив взрыва и неорганической соли.

Как известно, при буровзрывном способе подготовки горной массы для обеспечения качественного дробления породы необходимо располагать заряды ВВ на небольшом (не более 30 диаметров заряда) расстоянии один от другого, что и предопределяет большой расход ВВ.

Известен способ подготовки рыхлых отложений к выемке обработкой пород неорганической солью, например поваренной.

Мерзлые породы представляют собой сложную многокомпонентную систему, состоящую из твердых минеральных частиц, льда, воды и воздуха. При этом сопротивление разрушению определяется в основном силами сцепления, обусловленными связями между кристаллами льда и минеральными частицами. Порода частично или полностью разупрочняется при взаимодействии солей NaCl или CaCl_2 со льдом (температура заморзания их водных растворов ниже, чем воды).

Однако этому способу присущи следующие недостатки:

малая интенсивность разрушения (не превышает 1 см в час при засолении породы на глубине до 1 см), в дальнейшем в связи с уменьшением концентрации раствора соли интенсивность разрушения еще больше падает;

большой удельный расход соли, так как для разрушения массива на всю глубину уступа (8—15 м) необхо-

димо в разрушаемом массиве превратить в раствор практически весь лед.

При комбинированном способе подготовки мерзлых пород к выемке указанные недостатки устраняются и повышается его эффективность вследствие того, что соль размещают в кумулятивных выемках заряда ВВ.

В мерзлом массиве (рис. 37) скважины бурят по расширенной сетке на таком расстоянии, чтобы зоны трещинообразования соседних зарядов соприкасались. В кумулятивных выемках 1 зарядов в эластичных оболочках размещают соль (NaCl , CaCl_2 , KCl) или соляной раствор. Затем в скважины помещают заряды ВВ и производят взрыв. При взрыве образуются зона дробления и зона трещинообразования, в которые под действием газообразных продуктов детонации ВВ нагнетается соль. Радиус образовавшихся в результате взрыва трещин (m) определяется по формуле

$$R = kr_0 \left[\frac{\rho D^2}{(\gamma + 1\sigma)} \frac{W}{r_0} \right]^{\frac{1}{n}},$$

где r_0 — радиус зарядной полости цилиндрического заряда ВВ, м; ρ — плотность ВВ, г/см³; D — скорость детонации ВВ, см/с; γ — показатель политропы расширяющихся продуктов детонации (для данных условий — 3); σ — сжимающее напряжение в волне, кгс/см² (в зависимости от свойств пород находится в пределах 1—2); W — расстояние от заряда до свободной поверхности, м; k , n — коэффициенты пропорциональности.

Таким образом, действие взрыва в глубь массива пропорционально радиусу зарядной полости, начальному давлению в зарядной полости, возрастающему пропорционально квадрату скорости детонации. Радиус наведенной трещиноватости, вычисленный по вышеприведенной зависимости для условий многолетнемерзлых россыпей и при взрывании граммонитом 79/21, равен 60 радиусам скважин.

В результате кумулятивного эффекта соль интенсивно нагнетается в трещины, а сами трещины становятся крупнее. Соль, проникающая в трещины, вступает во взаимодействие с ледяным заполнителем породы и растворяет его.

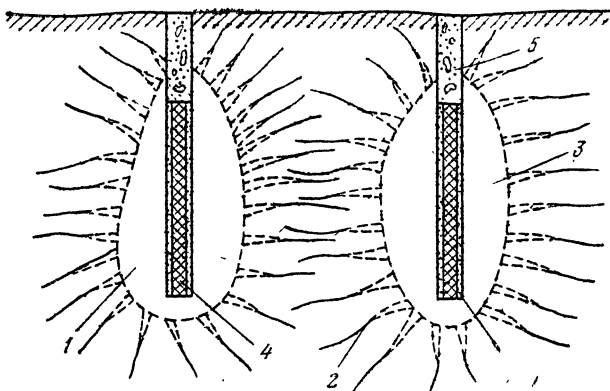


Рис. 37. Подготовка мерзлых рыхлых отложений комбинированным воздействием взрыва и засоления:

1 — кумулятивная полость; 2 — трещины, заполненные солью;
3 — соль; 4 — заряд ВВ; 5 — забойка

Дальнейшее соединение образовавшегося солевого раствора со льдом усиливает процесс фазового равновесия: часть льда переходит в жидкую фазу и, смешиваясь с раствором, понижает его концентрацию до величины, соответствующей динамическому равновесию при температуре окружающей среды. Таким образом, плавление льда происходит до тех пор, пока в результате диффузии соли весь раствор не примет равновесную данной температуре концентрацию. Такой процесс приводит к уменьшению количества льда в породе и цементационных связях. В результате резко понижается прочность породы и она легко разрушается землеройными машинами.

Остатки соли, не попавшие в трещины, смешиваясь с взорванной породой, предотвращают ее смерзаемость, а также, попадая на крупные куски породы, разрушают их. Достоинством предлагаемого способа является повышение безопасности взрывных работ, так как разлет кусков породы сведен к минимуму.

Экспериментальные работы, выполненные на одном из приисков Сусуманского района, подтвердили практически полное отсутствие разлета осколков породы при взрыве, а также принципиальную возможность и техни-

ко-экономическую эффективность этого метода взрывных работ. По истечении 4 сут после взрыва прочность подготавливаемой породы, оцениваемая по комплексному акустическому показателю, представлявшему собой произведение величины приращения затухания ультразвуковой волны на ее скорость, уменьшилась на 30%. Энергоемкость разработки породы статическим рыхлителем на тракторе Д-96 мощностью 385 л. с. уменьшилась вдвое.

Разрушение мерзлых пород зарядами ВВ естественного растворонаполнения. Одной из причин некачественных взрывов, приводящих к неравномерному дроблению породы взрывом, возникновению отказов, повышенному расходу ВВ, является несоответствие конструкции заряда ВВ условиям взрывания. Как показали наши исследования, для равномерного дробления мерзлых пород взрывом целесообразно, чтобы в нижней части заряда были максимальная концентрация энергии, а в средней части — воздушный промежуток между частями заряда.

Наиболее распространенными методами повышения линейной концентрации энергии ВВ в нижней части заряда являются: применение ВВ с высокообъемной концентрацией энергии, например растворонаполнение ВВ; увеличение диаметра нижней части скважины, а следовательно, и заряда ВВ путем применения механических расширителей скважин во время их бурения или прострелки нижней части скважин после их бурения.

Однако все выше названные методы повышения линейной концентрации энергии ВВ в нижней части скважин не нашли практического применения при разработке многолетнемерзлых россыпей. Это связано с повышенной трудоемкостью образования котловых расширений скважин и значительной стоимостью применения водонаполненных ВВ в условиях разработки россыпей на Северо-Востоке страны.

Для условий разработки мерзлых россыпей во ВНИИ-1 разработан метод повышения линейной концентрации энергии ВВ в нижней части скважины, заключающийся в одновременном образовании в донной части скважины котлового расширения и заряда растворонаполненного ВВ. Сущность метода заключается в следующем. В донную часть взрывной скважины за несколько

суток до ее заряжания помещается заданное количество аммиачной селитры (рис. 38).

Так как температура льда внутри взрываемого массива в реальных условиях выше температуры замерзания насыщенного раствора аммиачной селитры (-17°C), то в скважине она, соприкасаясь с содержащимся в породе льдом, растворяет его, растворяется сама, и в результате образуется раствор аммиачной селитры в воде, а диаметр скважины вследствие перехода льда породы в раствор соответственно увеличивается.

Температура вечномерзлых пород в период с ноября по апрель, т. е. когда выполняется основной объем буровзрывных работ, составляет от -6 до -8°C (на глубине 8—15 м). Концентрация образующегося раствора аммиачной селитры составляет 45—50% при плотности 1,2—1,25 г/см³. Необходимо отметить, что процесс образования раствора аммиачной селитры идет с поглощением тепла, и для создания отмеченной выше концентрации необходимо не менее 40 ч для достижения раствором температуры многолетнемерзлых пород.

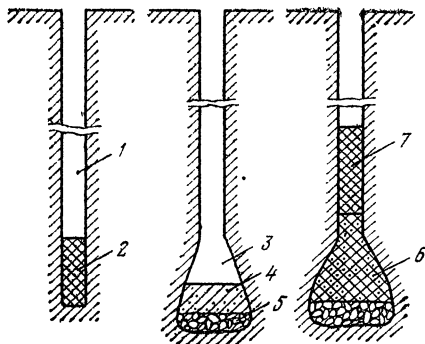
После образования раствора в скважины помещают сухое ВВ, например граммонит, межгранульное пространство которого заполняется раствором, в результате чего образуется заряд растворонаполненного ВВ.

Для достижения наибольшей плотности заряда объем наполняющего насыщенного раствора аммиачной селитры должен быть близким к объему межгранульных пустот сухой фазы, т. е. около 40% от общей массы сухой смеси.

Эксперименты подтвердили эффективность разрабо-

Рис. 38. Схема образования котловых зарядов ВВ в мерзлых рыхлых отложениях:

1 — скважина; 2 — навеска аммиачной селитры; 3 — расширение (котел); 4 — раствор аммиачной селитры в воде; 5 — твердые включения породы; 6 — растворонаполненное ВВ; 7 — обычное ВВ



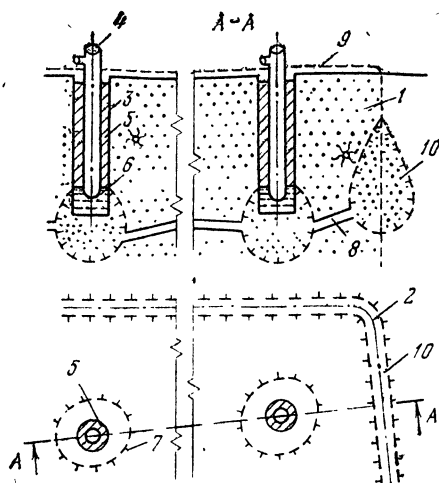


Рис. 39. Схема образования плоских зарядов ВВ в мерзлых породах

танного метода повышения концентрации энергии ВВ в нижней части заряда. Особенно эффективно применять этот метод в породах с большим содержанием льда. В этих же условиях испытан и показал свою перспективность способ образования воздушных промежутков в заряде ВВ путем размещения в месте намечаемого воздушного промежутка навески аммиачной селитры.

Взрывание мерзлых пород зарядами ВВ, размещенных в трещинах гидроразрыва. Одним из существенных недостатков применяемой техники и технологии буровзрывных работ является необходимость бурения, заряжания и взрывания большого числа скважин на взрываемом блоке. Применяемый скважинный метод взрывных работ требует сложных взрывных цепей: при этом в каждой скважине устанавливают боевик (а в ряде случаев — несколько боевиков) из взрывчатых материалов повышенной чувствительности, что уже на стадии заряжания является опасным.

Однако в случае возникновения отказа (а их количество, особенно при очень низких отрицательных температурах окружающего воздуха — до 50°C в ряде случаев

достигает 1%) опасность ведения горных работ увеличивается.

Безопасность и технологичность буровзрывных работ повысились бы при замене скважинного метода взрывных работ методом, заключающимся в образовании лишь одного заряда ВВ на взрываемый блок.

Таким требованиям отвечает плоский заряд ВВ, размещенный в горизонтальной полости на уровне нижней площадки уступа, по площади равной площади взрываемого блока породы.

Благоприятные условия для применения плоских зарядов имеются при вскрышных работах на многолетне-мерзлых россыпях малой или средней глубины. На участке россыпей, в пределах которого требуется взорвать слой мерзлых пород 1 и который ограничен контуром 2, бурят несколько скважин 3 на значительном расстоянии одна от другой (рис. 39). Глубина скважин равна мощности взрывного слоя. В скважины опускают нагнетательные трубы 4 и заполняют затрубное пространство 5 замороженным пресным льдом для герметизации. Затем заливают в призабойное пространство каждой скважины концентрированный солевой раствор 6, например NaCl, взаимодействие которого со льдом в порах мерзлых пород приводит к образованию небольшой талой зоны примерно сферической формы 7.

После этого через трубу следует нагнетать в талые зоны жидкое ВВ или суспензию (взвесь) из твердых и жидких компонентов ВВ. При давлении 40—80 кгс/см² произойдет гидравлический разрыв мерзлого пласта. Трещину разрыва 8 наполняют жидким ВВ, растекающимся радиально от скважины. В качестве ВВ предпочтительно применять нитрометан.

Для исключения воздействия повышенного давления на чувствительные компоненты ВВ до момента образования трещины разрыва и в момент разрыва в качестве жидкости разрыва возможно использовать малочувствительный жидкий компонент ВВ, например водный раствор аммиачной селитры. После образования трещины гидравлического разрыва и снижения давления в образовавшуюся горизонтальную трещину следует нагнетать основное ВВ.

На форму образующейся трещины гидроразрыва влияют слоистость и анизотропия механической прочности

мерзлых пород; если это влияние не способствует получению трещины необходимого (горизонтального) пространственного положения, то заданное положение трещины достигается путем гидроразрыва одновременно от трех или большего числа подготовленных талых зон.

Раскрытость трещины разрыва (ширина полости) контролируется по поднятию поверхности пород до уровня 9 и регулируется нормированием расхода нагнетаемой жидкости ВВ во времени или ее вязкостью и общим количеством закаченной жидкости.

Ограничение радиусов распространения трещин разрыва у контура взрываемого участка 2 достигается путем предварительной оттайки (любым известным способом) горных пород в пределах узкой полосы 16 вдоль указанного контура. Оттаянные обломочные породы вследствие своей ползучести деформируются без разрыва и ограничивают дальнейшее распространение трещины разрыва.

Оконтуривающая полоса оттаянных пород 10 является также механически ослабленной вязкопластичной зоной, в которой происходят сдвиговые деформации между боковой границей поднимаемого слоя мерзлых пород над трещиной разрыва и окружающей территорией, на которую взрыв не должен распространяться.

Сохранение заданной раскрытости трещины гидравлического разрыва достигается герметизацией устья нагнетательных труб и сохранением повышенного давления. Вспомогательным средством сохранения раскрытости трещин является добавка в смесь с жидким компонентом ВВ твердого компонента ВВ или алюминиевой дроби, препятствующих закрытию трещин после уменьшения давления.

После окончания заряжания, заключающегося в образовании плоского пластообразного заряда, через скважины в этот заряд помещают обычные средства взрывания.

Проведенные Ленинградским горным институтом совместно с ВНИИ-1 опытные работы на прииске «Экспериментальный» показали **высокую перспективность** такого способа вскрытия многолетнемерзлых россыпей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А. А., Беляев А. Ф. Теория взрывчатых веществ. М., Оборонгиз, 1960.
2. Богданович А. И., Семенов А. И. Электроогневой способ взрыва при отбойке песков в россыпной шахте. — Колыма, 1971, № 1, с. 20—25.
3. Басс Г. А., Росси Б. Д. Стабилизация простейших взрывчатых веществ. — Колыма, 1969, № 8, с. 35—37.
4. Волинский В. Д., Дорошенко И. Ф. Новый способ огневого взрыва неограниченного количества зарядов взрывчатых веществ. — Колыма, 1957, № 2, с. 15—16.
5. Демидюк Г. П. Взрывные работы. М., ОНТИ, 1938.
6. Демидюк Г. П. К вопросу о критериях оценки взрывных свойств ВВ для горных работ. — Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1967, № 1, с. 43—52.
7. Демидюк Г. П. Основные задачи механизации взрывных работ. — В кн.: Материалы смотра и семинара 13—16 декабря 1966 г. ИГД им. А. А. Скочинского, М., 1967, с. 28—33.
8. Дубнов Л. В., Бахаревиц Н. С., Романов А. И. Промышленные взрывчатые вещества. М., Недра, 1973.
9. А.С.541990 СССР. Способ подготовки мерзлых рыхлых отложений к выемке (Авт. изобрет. А. А. Егупов, В. П. Алебастров. Заявл. 12.09.74. Оpubл. в Б. И. 1977. № 1).
10. Егупов А. А. О некоторых особенностях разрушения вечномерзлых рыхлых отложений действием взрыва. — В кн.: Взрывное дело. М., Недра, 1969, с. 247—252.
11. Егупов А. А. Пневматические зарядчики и смесители игданита для подземных горных работ. — Колыма, 1967, № 6, с. 32—34.
12. Егупов А. А. Совершенствование буровзрывных работ на разработке вечномерзлых россыпей. Цветметинформация, М., 1972, с. 58.
13. Механизированное приготовление и зарядание игданита на разработке вечномерзлых россыпей / А. А. Егупов, Ю. Ф. Братанюк, В. П. Салтыков и др. — Колыма, 1972, № 3, с. 18—22.
14. Егупов А. А., Злобин Н. Г. Новая технология буровзрывных работ на прииске «Бурхала». — Колыма, 1974, № 2, с. 17—19.
15. А. С. 314745 СССР. Устройство для смешивания жидковязких составов / Авт. изобрет. А. А. Егупов, Ю. Ф. Братанюк, В. А. Каверников. Заявл. 01.04.70. Оpubл. в Б. И., 1971, № 28.
16. Исследования условий безопасного применения пневматического способа зарядания игданита. ИГД им. А. А. Скочинского, М., 1966, с. 5—10.
17. Контейнеры мягкие специализированные для сыпучих продуктов. Союзхимтара, М., 1977.
18. Механизированное применение простейших взрывчатых веществ на карьерах СССР / В. Л. Коган, С. И. Шаповалов, А. А. Егупов и др. — Колыма, 1968, № 2, с. 29—33.

19. *Механизированное* приготовление и зарядание простейших взрывчатых веществ на зарубежных карьерах / В. Л. Коган, С. И. Шаповалов, А. А. Егупов и др. — Колыма, 1968, № 7, с. 17—20.

20. *Росси В. Д.* Ядовитые газы при подземных взрывных работах. М., Недра, 1966.

21. *Светлов Б. Я., Яременко Н. Е.* Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. М., Недра, 1973.

22. *Совершенствование* буровзрывных работ на прииске «Бурхала» / А. А. Егупов, В. П. Алебастров, Г. Г. Злобин и др. — Колыма, 1974, № 12, с. 16—18.

23. *Совершенствование* буровзрывных работ на зимней вскрыше торфов / А. А. Егупов, В. П. Алебастров, П. А. Тишинов и др. — Колыма, 1976, № 1, с. 16—19.

24. *Тайбашев В. Н., Клишевич В. Б.* Удельное электрическое сопротивление монолитов мерзлого грунта. Труды ВНИИ-1, т. XXVI. Магадан, 1967.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Общие сведения	5
2. Взрывчатые вещества и механизация взрывных работ	10
3. Применение скважинных зарядов в мерзлых россыпях	61
4. Взрывные работы в шахтах	71
5. Комбинированные методы разрушения мерзлых отложений	88
Список литературы	101

АНАТОЛИЙ АФАНАСЬЕВИЧ ЕГУПОВ

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ
МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

Редактор издательства И. Д. Мелихов

Обложка художника О. В. Канаева

Художественный редактор О. Н. Зайцева

Технические редакторы Т. П. Локтионова, Н. Ю. Якунинская

Корректор А. А. Передерникова

ИБ № 4038

Сдано в набор 09.07.80.	Подписано в печать 23.03.81.	Т-05648
Формат 84×108 ^{1/32}	Бумага типографская № 2	Гарнитура «Литературная»
Печать высокая	Усл. печ. л. 5,46	Усл. кр.-отт. 5,67
Тираж 2500 экз.	Уч.-изд. л. 5,46	Заказ 2178/8162-9
		Цена 25 коп.

Издательство «НЕДРА»

103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19

Типография ХОЗУ Миннефтепрома. Набережная Мориса Тореза, 26/1

25 коп.

НЕДРА

Сканирование - Беспалов
DjVu-кодирование - Беспалов

