

6
AGS

U-4

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
У С С Р
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ АРТЕМА

На правах рукописи

Инженер Л. И. Чочар

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВАНИИ
НА ГРАНИТНЫХ КАРЬЕРАХ

Специальность 05 231

Электрификация горных работ

Автореферат

диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических
наук

г. Днепропетровск
1971 г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
У С С Р
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ АРТЕМА

На правах рукописи

Инженер Л. И. Мочар

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВАНИИ
НА ГРАНИТНЫХ КАРЬЕРАХ

Специальность 05 281

Электрификация горных работ

Автореферат

диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических
наук

г. Днепропетровск
1971 г.



А Н Н О Т А Ц И Я

Работа выполнена в Днепропетровском горном институте.

Научный руководитель - докт.техн.наук, проф. Ф.И. КУЧЕРЯВНИЙ

Официальные оппоненты:

докт.техн.наук, проф. М.Ф. ДРУКОВАННИЙ

канд.техн.наук, доцент В.Ф. ЕРМОШИН

Ведущее предприятие - трест "Днепронерудпром".

Автореферат разослан "август" 1971 г.

Защита диссертации состоится "октябрь" 1971 г.

на заседании Ученого Совета Днепропетровского горного института.

Отзыв просим направлять в 2-х экземплярах, заверенных печатью учреждения, по адресу: 320014 г. Днепропетровск - 14,

пр. К. Маркса, 19.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета,

докт.техн.наук, профессор

/В.А. БУНЬКО/

В диссертационной работе рассмотрен комплекс вопросов, связанных с увеличением надежности и безопасности при электровзрывании нормальными электродетонаторами на гранитных карьерах, расположенных вблизи электрофицированных железных дорог, линий электропередач и источников излучения электромагнитной энергии высокой частоты.

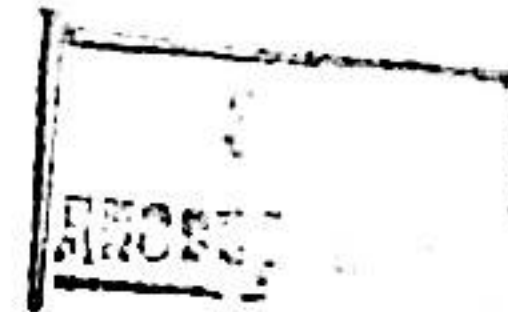
Автор защищает:

1. Инженерную методику определения величины "постороннего тока" в электровзрывной сети и как один из случаев, принципиально новый метод расчета величины тока, затекающего в электровзрывную сеть при ее замыкании в двух точках.

2. Методику измерения величины "постороннего тока" и определение путем расчета и измерения величины опасной зоны.

3. Способ электровзрывания с расположением электродетонаторов дублирующей сети сверху, взрываемых с нестандартным замедлением от сконструированного автором прибора.

4. Прибор для осуществления, предложенного способа взрывания.



В В Е Д Е Н И Е

В директивах XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1969-1970 гг. предусматриваются затраты на капитальное строительство в размере 310 млрд. руб. или в 1,47 раза больше, чем за прошлые 5 лет. Такое увеличение объема капитального строительства немисливо без увеличения добычи строительных материалов, удельный вес которых в капитальных затратах достигает 15-30%. Более 70% объема строительных материалов добывается с применением взрывных работ, которые в значительной мере определяют технико-экономическую сторону добычи и безопасность труда.

В современной практике для организации массовых взрывов применяются следующие методы взрывания: а/ электрическое; б/ комбинированное; в/ взрывание детонирующим шнуром. Очередность в названии методов соответствует их экономической эффективности. Несмотря на это, большинство предприятий Министерства промышленности строительных материалов СССР применяет взрывание детонирующим шнуром и комбинированные методы взрывания. Также обстоит дело и на карьерах рудных материалов Днепропетровской, Львовской и Крымской областей. Необходимость качественного улучшения взрывов за счет внедрения наиболее совершенных методов взрывания ставит перед исследователями вопрос о раскрытии и устранении объективных и субъективных причин, тормозящих их внедрение в практику.

При исследованиях были использованы следующие методы:

а/ анализ и обобщение известных в данной области результатов;

б/ аналитический метод; в/ метод физического моделирования на интеграторе ЭГДА-90/6 и натуре; г/ промышленный эксперимент; д/ технико-экономический расчет; е/ промышленное внедрение электровзрывания на основании полученных результатов.

Работы выполнялись с 1963 по 1970 гг. в лабораториях Днепропетровского горного института. Опытнo-промышленные исследования и внедрение результатов выполнены на карьерах Министерства промышленности строительных материалов СССР.

Большая помощь при внедрении результатов была оказана сотрудниками кафедры открытых горных работ Днепропетровского горного института и руководством управления "Харьковвзрывпром" и "Трансвзрывпром". Ценные советы и методические указания были даны доктором техн. наук, проф. М.И. Озерным.

Всем товарищам, оказавшим помощь в выполнении работы, выражаю глубокую благодарность.

Работа состоит из введения, шести глав, выводов по работе списка использованной литературы трех актов и внедрения результатов и содержит 140 страниц машинописного текста 21 таблицу и иллюстрирована 70 рисунками.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ работы ряда карьеров, проведенный по усредненным данным, которые приведены в работах докторов технических наук М. Г. Новожилова, Ф. И. Кучерявого, М. Ф. Друкованого, канд. техн. наук Д. М. Кушнарера, инж. С. М. Кирькина, Н. И. Зуба и др., а также результатов внедрения электровзрывания на карьерах трестов "Запорожьеэнерудпром" и "Днепронерудпром" позволяет сделать вывод о экономической эффективности электровзрывания, которая достигается за счет следующих преимуществ:

1. Уменьшение длины перебура на 30÷70%.
2. Увеличение выхода горной массы на 10÷12%.
3. Снижение стоимости бурения на 20%.
4. Уменьшение расхода ВВ на 7%.
5. Уменьшение выхода негабарита на 4÷7%.
6. Снижение расходов на разделку негабарита на 20÷30%.
7. Снижение расходов на экскавацию транспорт и первичное дробление на 10÷15%.

Несмотря на значительное технико-экономическое преимущество электровзрывания чаще в качестве инициирующего средства выбирает детонирующий шнур /ДШ/. Это объясняется более простой организацией работ при зарядании скважин, сравнительной легкостью ликвидации отказов, простотой монтажа сети.

В качестве основных причин отказа от электровзрывания обычно приводят две: а/ возможность преждевременного взрыва;

б/ сложность и сравнительно большую опасность при ликвидации отказов.

В то же время необходимость улучшения качества взрыва вынуждает искать пути широкого внедрения электровзрывания.

Электрический способ взрывания был предложен в 1812 г. К. Л. Шиллингом. В 1839 г. электровоспламенитель был усовершенствован академиком Е. С. Якоби, а в 1842 г. была сконструирована первая взрывная машинка. Дальнейшее развитие средств электровзрывания как у нас так и за рубежом шло в направлении: а/ улучшения качества электровоспламенителей с целью недопущения отказов; б/ защиты от преждевременных взрывов блуждающими токами, грозowymi разрядами, энергией электромагнитных полей радиостанций, ЛЭП, контактных проводов и т. д.

По мере увеличения объема взрывных работ при все более широкой электрификации горных работ, растет число преждевременных взрывов. В зарубежной литературе описаны 30 случаев с 1912 г. по 1915 г. в Гурском бассейне, 24 случая с 1918 г. по 1924 г. в Вестфальском районе и др. Преждевременные взрывы вызваны блуждающими токами электровозной откатки.

С развитием радиовещания появляются описания преждевременных взрывов энергией электромагнитного поля радиопередатчика. Описан ряд случаев преждевременных взрывов, которые были вызваны грозowymi разрядами /Франция, Австрия, Швейцария/. Аналогичные случаи имели место и у нас на некоторых карьерах Украины и Ростовской области.

Появление преждевременных взрывов сократило область применения электровзрывания /ЭВ/ и поставило перед наукой задачу по обеспечению безопасности при его применении.

ские работы ведутся как за рубежом, где определен безопасные расстояния до радиостанций /США/; до ЛЭП и контактных проводов /ГДР/; до очага грозы /Швеция, Япония/ так и отечественными учеными. Основные работы у нас проведены в Московском горном институте под руководством д.т.н. проф. М.И. Озерного.

В выполненных работах получили теоретическое решение вопросы связанные с безопасным ведением работ на шахтах и карьерах с электрифицированным транспортом. В этой области известны также работы д.т.н. С.А. Волотковского, кандидатов технических наук В.Ф. Ермошина, Л.Д. Либерман, Хоанг Тхеу Леу, Э.М. Гутмана, инженеров В.М. Ручкина, Р.Я. Страусмана, Н.И. Зуба и др.

Увеличение электрификации магистральных железных дорог, строительство магистральных трубопроводов, развитие телевидения, радиовещания, радиолокации привело к тому, что опасность преждевременного взрыва стала реальной и для карьеров нерудных материалов.

Специфика расположения этих карьеров, отсутствие электрифицированного железнодорожного транспорта, электрические свойства пород не позволяют применить существующие решения и поэтому задачей настоящей работы является исследование путей обеспечения безопасности при электровзрывании на гранитных карьерах.

В настоящее время известны два способа обеспечения безопасности: 1/ определение безопасных условий при применении обычных электродетонаторов /ЭД/, 2/ создание ЭД менее чувствительных к механическим воздействиям и влияниям посторонних источников энергии. В работе отдано предпочтение первому пути, так как созданные отечественные и зарубежные /Швеция, Чехословакия, США и др./ ЭД дороже обычных и требуют более мощной аппаратуры для взрывания. Кроме того при увеличении воспла-

меняющего тока, увеличивается разброс импульсов воспламенения /как это было у константановых ЭД/, что в значительной мере ухудшит эффективность при короткозамедленном взрывании. На основании этого задачи, поставленные в работе, были сформулированы следующим образом:

1. Разработать инженерную методику расчета величины X "посторонних токов" в электровзрывной цепи, позволяющую определить величину опасной зоны.

2. Разработать инженерные методы по определению степени опасности и величины опасной зоны путем непосредственного измерения величины "посторонних токов".

3. Исследовать пути повышения надежности электровзрывания и, особенно, для случая нижнего инициирования.

4. Решить вопрос о возможности безопасного применения электровзрывания при наличии указанных опасностей.

5. Внедрить электровзрывание на одном из карьеров с последующим наблюдением за правильностью сделанных выводов.

X Термин "посторонние токи" принят по книге докт. техн. наук проф. Суханова А.Ф. и Кутузова Б.Н. "Разрушение горных пород", являющейся учебником для горных ВУЗов.

Г Л А В А П

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ
"ПОСТОРОННИХ ТОКОВ" В ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

В качестве основного критерия опасности принимает величину "постороннего тока", который может попасть в электровзрывную сеть, смонтированную на карьере, расположенном в электрическом поле "блуждающих токов" или электромагнитном поле ЛЭП, контактных сетей, высокочастотных излучателей. Методика расчета для случая замыкания электровзрывной сети в двух точках в шахтах и на карьерах с электрофицированным транспортом разработана докт. техн. наук М. И. Озерным, канд. техн. наук В. Ф. Ермошиным, инж. Л. Д. Либерманом. При выполнении расчетов предполагалось близкое расположение электровзрывной сети к источнику тока и электровзрывная сеть рассматривались как цепь с распределенными параметрами. Для получения конечного результата необходимо знание переходных и продольных сопротивлений, что даже для случаев близкого расположения представляет значительные трудности. Аналогичную задачу для получения аналитических зависимостей между "блуждающими токами" и токми, затекающими в металлические конструкции подземных сооружений, решали доктора техн. наук Марквардт, С. А. Волотковский, кандидаты техн. наук Тавгиридзе Л. Н. Лорткипанидзе Б. Г., Ломазов Д. Б. и другие исследователи. В их работах отмечается трудность в определении расчетных параметров.

В работе к. т. н. Л. Д. Либермана сделана попытка решить задачу определения величины "посторонних токов" методом четырех-

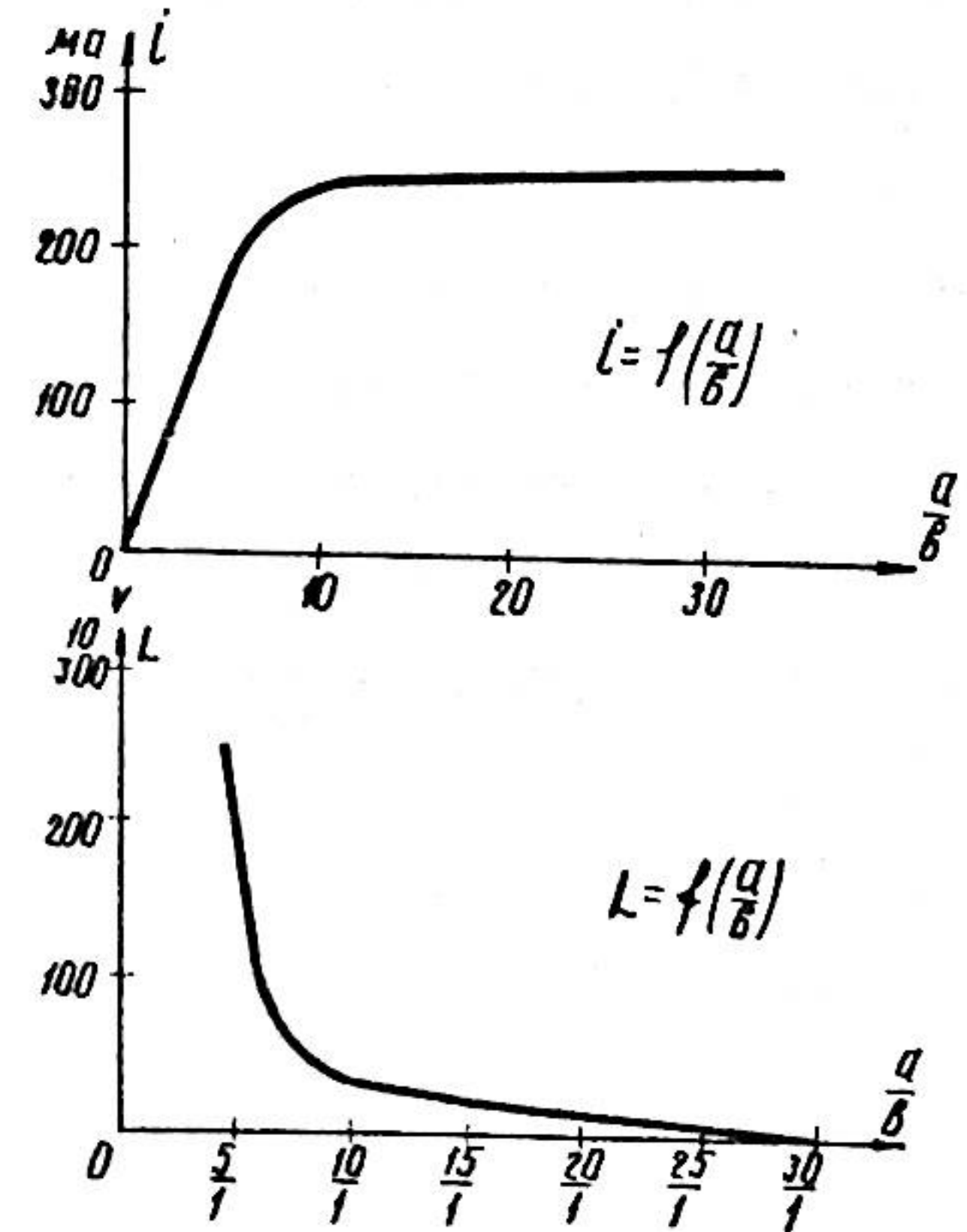


Рис. 1. График зависимости величины тока и функции L от размеров эллипсоида.

полусника, что дает возможность вести расчет по предельным параметрам.

Отличие задачи, которая решалась в настоящей работе, состоит в том, что рассматриваются условия затекания тока в электровзрывную сеть на карьерах, не имеющих электрифицированного транспорта, расположенных на расстоянии /2-10/ км от электрифицированных железных дорог.

В этих условиях определение параметров системы "источник тока - электровзрывная сеть" для блуждающих токов практически невозможно. Это заставило искать другие пути решения задачи.

Известно, что потенциал по оси эллипсоида вращения при внесении его в электрическое поле изменяется по зависимости:

$$\varphi = \rho_0 \delta_0 \left[1 - \frac{(\rho_0 - \rho_i) L}{4\pi \rho_i + (\rho_0 - \rho_i) L} \right] x,$$

$$L = \frac{2}{(a^2 - b^2)\sqrt{a^2 - c^2}} \left[\int \frac{a \operatorname{arcsin} \frac{1}{a} \sqrt{a^2 - c^2}}{\sqrt{1 - \kappa^2 \sin^2 f}} df - \int \frac{a \operatorname{arcsin} \frac{1}{a} \sqrt{a^2 - c^2}}{\sqrt{1 - \kappa^2 \sin^2 f}} \cdot df \right],$$

$$\kappa = \frac{a^2 - b^2}{a^2 - c^2},$$

- где: a, b, c - оси эллипсоида вращения;
- ρ_0, ρ_i - удельное сопротивление вмещающей среды и материала эллипсоида вращения;
- δ_0 - плотность "блуждающего тока"
- L, f - вспомогательные функции.

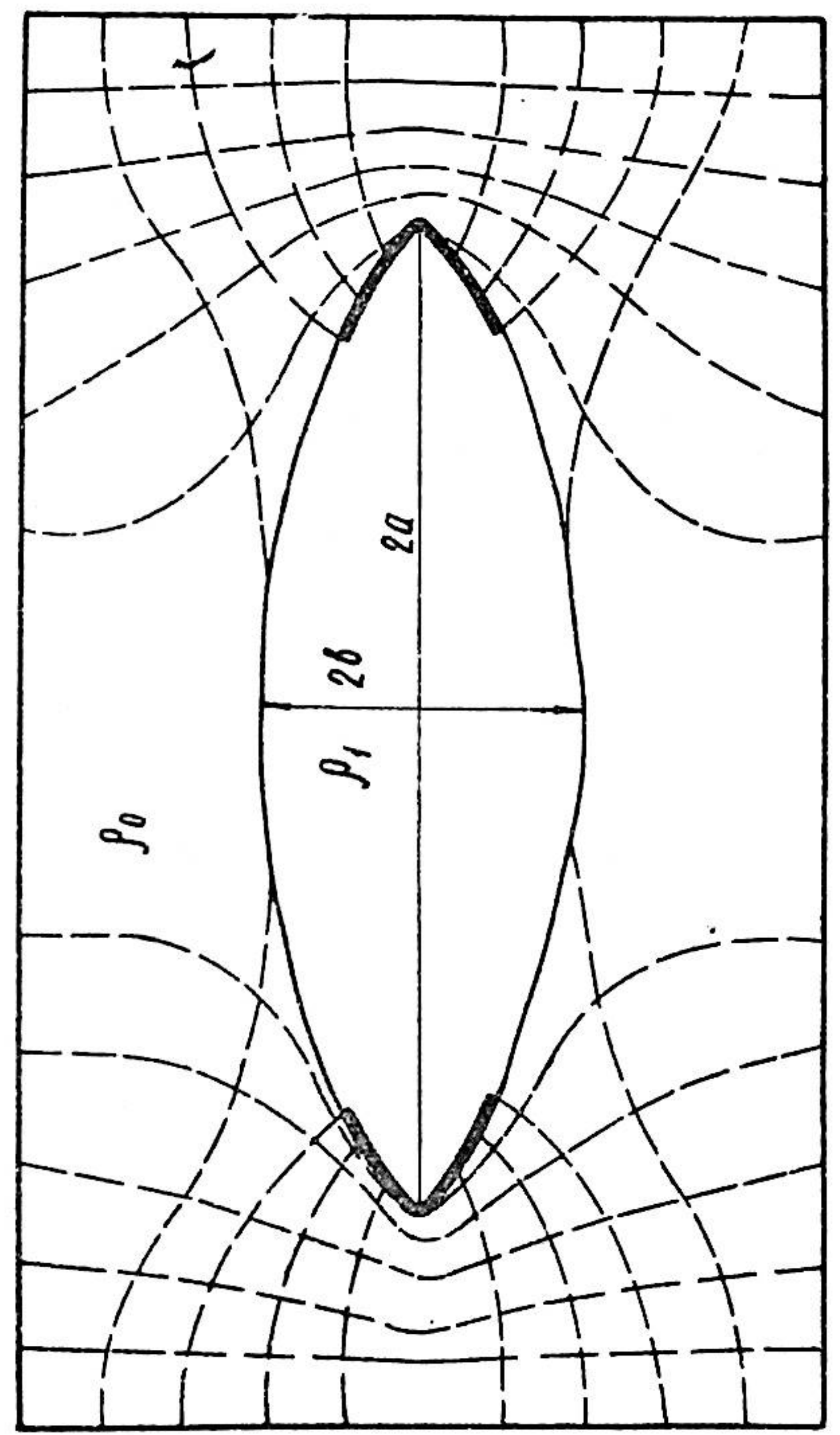


Рис.2. Схема затекания тока в эллипсоид вращения.

В случае $a \gg b = c$ можно считать эллипсоид вращения стремящимся по форме к вытяженному металлическому предмету, например, трубопроводу, контуру заземления, магистральному проводу электровзрывной сети. Для этих условий выражение L примет вид:

$$L = \frac{2}{(a^2 - b^2)\sqrt{a^2 - b^2}} \left[\ln \operatorname{tg} \left(\frac{f}{2} + \frac{\pi}{4} \right) - 1 \right].$$

Величина тока в эллипсоиде определится из выражения:

$$i = \frac{\rho_0 \delta_0 \left[1 - \frac{(\rho_0 - \rho_i)L}{4\pi \rho_i + (\rho_0 - \rho_i)L} \right]}{R}$$

где: R - сопротивление, ом/м.

Графики $i = f\left(\frac{a}{b}\right)$ и $L = f\left(\frac{a}{b}\right)$ которые построены по полученным зависимостям, приведены на рис. I. Анализируя эти графики, видим, что при $\frac{a}{b} \approx 30$ $L=0$, а ток достигает предельной величины:

$$i = \frac{\rho_0 \delta_0}{R}.$$

Полученное выражение является предельным значением тока при $R_{\text{пер}} = 0$.

В действительности $R_{\text{пер}} \neq 0$ и, следовательно, величина тока будет значительно меньше. Как показывает моделирование процесса затекания тока в эллипсоид вращения /рис. 2/ с $a \gg b = c$ возмущающее действие оканчивается на расстоянии $l = 20b \approx 20d$. Определяя для этого расстояния $R_{\text{пер}}$, после преобразований, получаем аналитическую зависимость для токов затекающего в электровзрывную сеть "постороннего тока".

$$I = 5 \frac{\pi d E_c l}{\rho_0} \quad //I/$$

Величина напряженности E_0 рассчитывается на основании решения уравнения

$$\Delta \varphi = f(x, y).$$

Рассматриваются два случая расположения карьера: а/ на значительном удалении от одного из источников тока; б/ карьер расположен на равном расстоянии от анодной и катодной зоны.

В первом случае учитывается действие только одного источника, во втором случае потенциал определяется взаимодействием двух источников:

$$\varphi = \frac{I \cdot \rho_0}{2\pi} \int \frac{dR}{R},$$

$$U_{12} = \varphi_1 + \varphi_2,$$

$$E_0 = \frac{U_{12}}{l},$$

где: E_0 - напряженность поля, в м;
 l - длина проводника, м

Как правило, все виды замыкания могут быть приведены к рассмотренному случаю, что позволяет считать полученные зависимости универсальными в этих условиях.

В работе получены аналитические зависимости для инженерных расчетов величины "постороннего тока", наводимого электромагнитным полем /см. табл. I/. Полученные аналитические зависимости позволяют определить опасную зону для большинства карьеров Министерства промышленности строительных материалов УССР.

Проведенные расчеты показали, что "посторонние токи", затекающие в электровзрывную сеть, достигают опасной величины только при замыкании на вытяженные металлические предметы.

Величина наведенных "посторонних токов", при расстоянии до ЛЭП или контактной сети более 200м не достигает опасной величины. Расстояние 200м принято по условиям разлета кусков породы.

Таблица I

Источник опасности	Положение электровзрывной сети	Основная расчетная	Аналитическая зависимость для тока
Электрическое поле ЛЭП	Замыкание в одной точке	Потенциал провода	$I = (5 \div 6) U_{A0} \cdot q_{эд}$
Магнитное поле ЛЭП	Замкнутый контур	Ток к.з. ЛЭП	$I = \frac{\omega M_0 I_{кз} L}{2\pi R_{эд}} \ln \frac{r+h}{r}$
Контактный провод э.ж.д.	Замыкание в одной точке	Потенциал контактного провода	$I = \frac{2\pi\omega\epsilon_0 l \gamma_k \ln \frac{b_{1м}}{a_{1м}}}{\left(\ln \frac{2h}{r}\right)^2 - \left(\ln \frac{b_{1м}}{a_{1м}}\right)^2}$
Магнитное поле переменного тока	Замкнутый контур	Ток к.з.	$I = \frac{M_0 l I_m \omega}{2\pi \cdot R_{эд}} \ln L$
Магнитное поле постоянного тока	"	"	$i = \frac{8,4 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}}{R_{эд}}$
Локатор	Одиночный	Напряженность поля	$I = \frac{E \cdot \lambda}{\pi \cdot R_{вх}}$

Г Л А В А Ш

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ "ПОСТОРОННИХ ТОКОВ" В ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

Определение величины "посторонних токов" расчетным путем для действующих карьеров встречает целый ряд трудностей. В большинстве случаев в процессе производства претерпевает изменения конфигурация трубопроводов, контуров заземления, что не отражается в проектной документации. Неизвестны расположение пунктов питания и отсоса вновь электрофицированных железных дорог, радиостанций и радиолокаторов, а также их энергетические параметры. Изменяется величина переходного сопротивления рельсовых путей, качество изоляции трубопроводов и другие расчетные параметры.

В связи с этим более простым путем определения величины "постороннего тока" является непосредственное измерение. Методика измерения построена на принципе физического моделирования с соблюдением в измерительной цепи, предельных параметров электровзрывной цепи. Впервые такая методика была предложена докт.техн.наук М.И.Озерным при измерениях величины "посторонних токов" в электровзрывных сетях на шахтах Донбасса. Появление "посторонних токов" во взрывной сети определялось наличием блуждающих токов электровозной откатки.

Отличие применяемой нами методики состоит в следующем:
 а/ указано переходное сопротивление электрод-земля при имитации замыкания на землю; б/ сопротивление измерительного прибора принято равным $R_{эд}$; в/ обоснованы рекомендации по опреде-

лению внутреннего сопротивления прибора при измерении разности потенциалов. Ранее существовавшая рекомендация по выбору аппаратуры /10-20 ком/вольт/ приводит к погрешности 500-600%. Это связано с возмущением электрического поля, которое вызывает вносимое общее сопротивление.

Эти дополнения, внесенные в методику измерений, позволяют сравнивать результаты измерений, полученные на различных карьерах.

Для измерения токов наведенных ЛЭП и контактными проводами был разработан электронный вольтметр с $R_{вн} = 500$ ком. Величина тока определялась пересчетом. "Посторонние токи" наведенные электрическим полем телевидения, измерялись термопреобразователем, включенным в антенное устройство, параметры которого выбирались по элементам взрывной сети и господствующей частоте. Измерения, проведенные на ряде карьеров подтвердили, что опасным являются замыкания взрывной сети на трубопроводы, контуры заземления или другие протяженные металлические предметы.

На рис. 3 приведены графики тока для Новопавловского карьера и запись взрыва электродетонатора блуждающими токами.

В таблице 2 приведены максимальные значения токов, полученные при записи токов в течение 2 лет.

Таблица 2

Вид заземления	Наименование карьера			
	Новопавловский	Рыбальский	Токовский	Подступнянский
	ток, ма			
Земля-Земля	4	I	I	I
Трубопровод-контур заземления-земля	22	I7	20	4
Трубопровод-трубопровод	I400	400	600	350

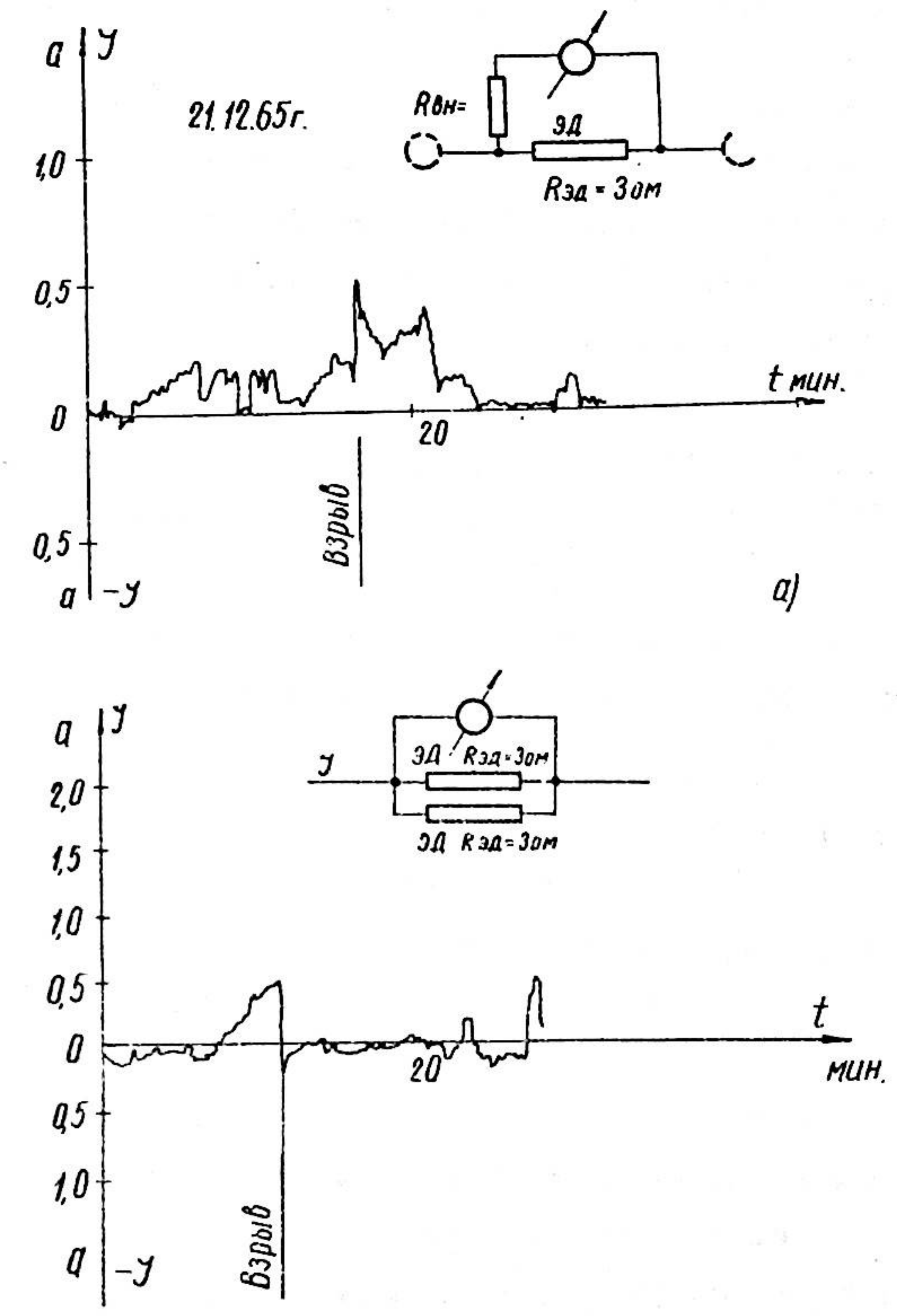


Рис.3 Кривые $i(t)$ при взрыве электродетонаторов блуждающими токами.

Измерения, величины наведенных токов, проведенные на расстоянии разлета кусков породы от ЛЭШ и контактных проводов, показали возможность безопасного применения электровзрывания.

При измерении величины тока, наведенного полем телецентра г.Днепропетровска при расстоянии 1,5-2 км величина тока не превышала 2-3 ма. Полученные результаты согласовываются с данными расчетов, что подтверждает возможность определения величины "посторонних токов". Проведенные измерения подтверждают предположение о возможности безопасного применения обычных ЭД.

Для увеличения безопасности электровзрывания необходимо проводить сезонные или периодические измерения для определения опасных мест.

Г Л А В А IY

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВАНИЯ

Основной причиной, тормозящей внедрение электровзрывания, особенно с обратным инициированием ВВ, является возможность отказа. Следовательно, для внедрения электровзрывания необходимо увеличить его надежность до такой степени, чтобы экономический эффект от его внедрения в значительной степени превышал потери, связанные с ликвидацией отказов. В качестве критерия предложено неравенство:

$$t \cdot V \cdot \frac{n}{N} \cdot 100\% \ll \Delta V \cdot T$$

где: V - производительность карьера, м³/мес;

ΔV - прирост производительности при электровзрывании, м³/мес;

T - время безотказной работы, мес;

$\frac{n}{N} \cdot 100\%$ - вероятность отказа;

t - время ликвидации отказа, мес;

При соблюдении такого неравенства применение электровзрывания экономически целесообразно. Как видно из неравенства, большую роль играет надежность взрывания.

Основные причины, влияющие на надежность взрывания:

- а/ механическое повреждение части цепи при взрыве - подбой сети;
- б/ качество ЭД;
- в/ род тока;
- г/ схема соединения взрывной сети;
- д/ место расположения ЭД;
- е/ время замедления ступени; рассмотрены в работе:

Подбой сети. При короткозамедленном взрывании, особенно при применении КЭДШ, возможен подбой части сети, имеющей большее замедление. Подбой возможен, кусками породы, подъемом породы и ударной воздушной волной по имеющимся либо образующимся трещинам. При существующих сетках скважин и ступенях замедления наиболее опасным является подбой сети по имеющимся трещинам. Полученная в работе зависимость позволяет выбрать время замедления, обеспечивающее безотказное взрывание

$$t_z \leq 3 \sqrt{\frac{R}{R^2 + 900 \cdot d^2}}$$

где: R - расстояние между скважинами, м;

d - диаметр скважины, м;

t_z - время замедления, мксек.

Для применяющихся сеток и диаметров скважин, безотказное время значительно меньше времени замедления реле КЭДШ. Таким образом, применяя ДШ мы не можем избавиться от подбоев сети, что заставляет применять ЭД для улучшения качества

взрыва.

Качество ЭД. В соответствии с ГОСТом допускается I отказ на 180 ЭД. Вероятность отказа подсчитанная для 100 скважин при самых неблагоприятных условиях с учетом дублирования составляет I отказ на 400 взрывов. Количество скважин выбрано по условиям практики. При расчете не принималась во внимание возможность подбоя основной сети ЭД дублирующей сети, имеющим повышенную чувствительность. В этом случае вероятность отказа увеличивается и составляет I отказ на 20 взрывов при числе чувствительных ЭД, равном 10% от общего числа неисправных ЭД. Электровзрывание становится ненадежным и, по мнению докт.техн. наук А.И.Лурье [59], следует либо увеличить ток, либо дублировать электровзрывную сеть детонирующим шнуром, т.е. отказаться от электровзрывания.

Для того, чтобы устранить возможность подбоя, нами предложено отказаться от ЭД с $t_3 = 0$. В этом случае взрыв наиболее чувствительного ЭД произойдет через время, определяемое степенью замедления и будет значительно большим, чем время, необходимое для передачи импульса воспламенения самому нечувствительному ЭД:

$$t = t_b + \theta_{min} + t_3$$

где: t_3 - время замедления ступени, мксек;
 t_b - время воспламенения, мксек;
 θ - время передачи, мксек;

Род тока. Возможность получения всеми ЭД достаточного количества энергии зависит от времени существования мостика

наиболее чувствительного ЭД, времени включения цепи и величины тока.

Аналитическое выражение для определения величины переменного тока выведено докт.техн.наук А.И.Лурье, по данным которого величина гарантийного тока равна 8,4а. Более поздние исследования канд.техн.наук М.И.Граевского показали, что достаточную надежность обеспечивает ток I_{2+I4a} . Проведенные в работе исследования показали, что аналитическое выражение, полученное докт.техн. наук А.И.Лурье [59] не учитывает того факта, что при токе меньшем I_{min} наступает тепловое равновесие в мостике.

В работе выведено новое аналитическое выражение:

$$I_2 = \sqrt{\frac{K_{max} - K_{min}}{\theta_{min} - \frac{1}{2\omega} [\sin 2\omega (t_1 + \theta_{min}) - \sin 2\omega t_1]} - (2\psi - \frac{\sin 2\omega t}{\omega})}$$

где: 2ψ - время в течении которого величина тока меньше I_{min}

Так как токи I_{0-I4a} , при стандартных напряжениях, требуют монтажа электровзрывной сети с параллельным соединением ЭД, на практике применяют токи 4-5а. "Правилами безопасности при взрывных работах" рекомендована величина тока $I_r = 2,5a$, а каталогом на электродетонаторы 3а. На производстве и в ряде лабораторий были проведены опыты в результате которых в качестве гарантийной величины тока назывались величины 0,65+5а. Как показал анализ, проведенный в работе, количество опытов было не представительным, а методика их проведения не учитывала всех условий, влияющих на безопасность при переменном токе.

В связи с изложенным и исходя из возможности легко получить надежные и дешевые выпрямляющие устройства /при малом вре-

мени включения диоды допускают I_{0+I2} кратную перегрузку/, для увеличения надежности следует применять выпрямленный по схеме Ларионова ток.

Ряд предприятий /Норильский комбинат, "Трансвзрывпром" и др./ испытывает различные выпрямляющие устройства. На Рыбальском карьере проходит испытание разработанное автором взрывного устройства, одной из задач которого является увеличение надежности за счет взрывания выпрямленным током.

Схемы соединения. Желание на практике взорвать максимальное число ЭД привело к усложнению электровзрывных цепей. Имели место случаи соединения ЭД в треугольник, параллельное соединение большого /более 10 групп/ числа ветвей и смешанное соединение. Как показали наблюдения, усложнение схем приводит к ошибкам на монтаже /пропуски, шунтирование и др./, что в свою очередь приводит к отказам. Такие отказы имели место на Кировоградском карьере, где при массовом взрыве было зашунтировано и отказало 80% скважин и на Новопавловском карьере, где из 480 ЭД отказали 400. Большое количество ветвей делает требование § 147 "Единых правил безопасности при взрывных работах" /о приборной проверке ветвей/ непригодным для установления качества сети. Схемы соединения ЭД треугольником увеличивают вероятность включения одной из фаз в неблагоприятное время. Кроме того на качество взрыва неблагоприятно сказывается неравномерность включения сети.

Наиболее надежной схемой, как показали аналитические исследования и практика монтажа, является простая последовательная цепь. Вопрос о количестве одновременно взрываемых ЭД должен решаться подбором источника и количеством взрывов.

Источники энергии. Вопросом автономного источника энергии для открытых горных работ начали заниматься только в последние 3-4 года. Создана одна взрывная машинка ВМК-500, у которой в паспорте указано количество ЭД в 2-х и 3-х ветвях. Все остальные взрывные машинки были созданы для шахт, где взрывная сеть не дублируется. Это создает ряд трудностей при использовании их на карьерах. При введении ЭД с нихромовыми мостиками, чувствительность которых в $10+20$ раз выше, чем у ЭД с константовыми мостиками, появились рекомендации по использованию существующих машинок для подрыва ЭД, соединенных в параллельные группы. Ток, до которого допускался разряд конденсатора принимался равным $0,3$ а, что противоречит "Единым правилам безопасности при взрывных работах". Проверка расчетов проводилась с последовательным подключением балластного сопротивления для экономии ЭД, что свело опыт к проверке 1 ЭД. Поэтому при взрыве параллельных ветвей следует использовать в качестве источника энергии сеть либо специальные взрывные машинки.

Расположение электродетонатора. Для получения наилучших результатов оба ЭД следует располагать у груди забоя. В этом случае электровзрывная сеть в течение длительного времени /до 6 часов/ находится в неблагоприятных условиях. Возможен обрыв проводов, частичное замыкание и другие неисправности, которые могут привести к отказу. Нами предложена схема для осуществления нижнего инициирования при расположении ЭД основной цепи в скважине, а дублирующей - наверху. Специальное устройство обеспечивает замедленное включение дублирующей сети. Время замедления зависит от глубины скважины.

Для увеличения надежности электровзрывания разработаны следующие рекомендации:

1. При массовых взрывах применять только ЭДКЗ.
2. Взрывание осуществлять постоянным /выпрямленным/ током.
3. Соединять ЭД последовательно, произведя отбор по сопротивлениям отдельно для основной и дублирующей цепи.
4. Применять при взрывании двух, трех параллельных ветвей взрывную машинку ВМК-500.
5. При осуществлении нижнего инициирования ЭД дублирующей сети располагать в верхней части заряда.

Г Л А В А У

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИБОРНОГО ЗАМЕДЛЕНИЯ

В практике взрывных работ известны два способа осуществления короткозамедленного взрывания: а/ автономный с помощью пиротехнических замедлителей; б/ приборный.

Назначение известных в настоящее время приборов осуществить поочередное включение групп скважин с выдержками времени 10-50мсек. Усовершенствование автономных средств взрывания и серьезные недостатки приборов привели к тому, что применяются только автономные средства взрывания. Основные недостатки приборного взрывания: сложная взрывная сеть, нестабильность интервалов времени; большая вероятность подбоя сети при взрывании ЭД мгновенного действия.

Отличие предложенного нами способа приборного взрывания заключается в следующем: 1/ прибор обеспечивает одну, максимум две ступени замедления, что исключает усложнение цепи; 2/ основная цель прибора - увеличение надежности электровзрывания с сохранением нижнего инициирования; 3/ прибор обеспечивает выдержки времени 2,5; 5; 7,5 мсек с точностью 10% с использова-

нием РС цепочки. При переключении на счетно-импульсную схему прибор обеспечивает выдержки времени от 100 мсек до 5 мсек с точностью обеспечиваемой генератором с стабилизацией частоты кварцем, и предназначен работать со стандартными ЭДКЗ, обеспечивая нестандартные выдержки времени; 4/ прибор может работать в блоке с СФР /установка скоростной фотосъемки/.

Макет прибора испытан на карьере в управлении "Запорож-взрывпром".

Г Л А В А У I

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОВЗРЫВАНИЯ НА КАРЬЕРАХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ИЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

В современной литературе нет единого мнения по вопросу о возможности применения ЭД в условиях, когда возможен преждевременный взрыв. Ряд авторов В.М.Ручкин, Р.Я.Страусман, Н.И.Дядечкин, Г.А.Шетлер и другие считают, что наличие "блуждающих токов" является достаточным основанием для отказа от электровзрывания. В работах Д.М.Кушнарева и В.П.Павлова предлагается применять электровзрывание без отключения электроэнергии при монтаже сети. Наиболее полно эти вопросы решены доктором техн.наук М.И.Озерным, канд.техн.наук В.Ф.Ермошиным, В.В.Зобовым и Л.Д.Либерманом. В их работах, которые выполнены для шахт и карьеров с электрифицированным транспортом, несмотря на большую величину "блуждающих токов", нет указаний об отказе от ЭД. Практика угольных шахт, где в течение года используется более 150 млн.ЭД, подтверждает возможность их безопасного применения.

В ранее выпускавшихся правилах были параграфы, которые косвенно подтверждали возможность применения электровзрывания

1. При массовых взрывах применять только ЭДКЗ.
2. Взрывание осуществлять постоянным /выпрямленным/ током.
3. Соединять ЭД последовательно, произведя отбор по сопротивлениям отдельно для основной и дублирующей цепи.
4. Применять при взрывании двух, трех параллельных ветвей взрывную машинку ВМК-500.
5. При осуществлении нижнего инициирования ЭД дублирующей сети располагать в верхней части заряда.

Г Л А В А У

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИБОРНОГО ЗАМЕДЛЕНИЯ

В практике взрывных работ известны два способа осуществления короткозамедленного взрывания: а/ автономный с помощью пиротехнических замедлителей; б/ приборный.

Назначение известных в настоящее время приборов осуществить поочередное включение групп скважин с выдержками времени 10-50мсек. Усовершенствование автономных средств взрывания и серьезные недостатки приборов привели к тому, что применяются только автономные средства взрывания. Основные недостатки приборного взрывания: сложная взрывная сеть, нестабильность интервалов времени; большая вероятность подбоя сети при взрывании ЭД мгновенного действия.

Отличие предложенного нами способа приборного взрывания заключается в следующем: 1/ прибор обеспечивает одну, максимум две ступени замедления, что исключает усложнение цепи; 2/ основная цель прибора - увеличение надежности электровзрывания с сохранением нижнего инициирования; 3/ прибор обеспечивает выдержки времени 2,5; 5; 7,5 мсек с точностью 10% с использова-

нием РС цепочки. При переключении на счетно-импульсную схему прибор обеспечивает выдержки времени от 100 мсек до 5 мсек с точностью обеспечиваемой генератором с стабилизацией частоты кварцем, и предназначен работать со стандартными ЭДКЗ, обеспечивая нестандартные выдержки времени; 4/ прибор может работать в блоке с СФР /установка скоростной фотосъемки/.

Макет прибора испытан на карьере в управлении "Запорож-взрывпром".

Г Л А В А У I

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОВЗРЫВАНИЯ НА КАРЬЕРАХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ИЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

В современной литературе нет единого мнения по вопросу о возможности применения ЭД в условиях, когда возможен преждевременный взрыв. Ряд авторов В.М.Ручкин, Р.Я.Втраусман, Н.И.Дядечкин, Г.А.Шетлер и другие считают, что наличие "блуждающих токов" является достаточным основанием для отказа от электровзрывания. В работах Д.М.Кушнарера и В.П.Павлова предлагается применять электровзрывание без отключения электроэнергии при монтаже сети. Наиболее полно эти вопросы решены доктором техн.наук М.И.Озерным, канд.техн.наук В.Ф.Ермошиным, В.В.Зобовым и Л.Д.Либерманом. В их работах, которые выполнены для шахт и карьеров с электрифицированным транспортом, несмотря на большую величину "блуждающих токов", нет указаний об отказе от ЭД. Практика угольных шахт, где в течение года используется более 150 млн.ЭД, подтверждает возможность их безопасного применения.

В ранее выпускавшихся правилах были параграфы, которые косвенно подтверждали возможность применения электровзрывания

при наличии "блуждающих токов". В "Правилах безопасности при взрывных работах" издания 1967г. такого указания нет.

Исходя из изложенного выше, сделаны следующие выводы:

I. Так как в "Правилах безопасности при взрывных работах" одним из методов названо электровзрывание, оно допустимо на любом карьере при обеспечении безопасности.

II. Опасность преждевременного взрыва при нарушении соответствующих рекомендаций не может служить основанием для отказа от электровзрывания.

III. Возможность безопасного ведения взрывных работ с применением ЭД устанавливается работниками предприятия.

На основании проведенных исследований, разработки и внедрения мероприятий, повышающих безопасность электровзрывания, было получено разрешение и внедрено взрывание с применением ЭД на Новопавловском и Рыбальском карьерах, где ранее электровзрывание было запрещено распоряжением Никополь-Марганцевской РГТИ № 367 от 16.10.1964г. из-за близости к ЛЭП-220 кв и электрофицированной железной дороги Никополь-Марганец, проходящей в 2 км от карьера, а на Рыбальском карьере Днепропетровской инспекцией.

С ноября 1968г. по настоящее время на Новопавловском карьере применяется электровзрывание как при массовых взрывах, так и при разделке негабарита. За год были достигнуты следующие результаты: а/ снижен удельный расход ВВ на вторичное дробление с 114 до 50 г/м³; б/ уменьшен простой КДЗ на 30 час в месяц; в/ выход негабарита уменьшился с 14 до 7%. Общий экономический эффект составил 100 тыс.руб. Для Рыбальского карьера экономический эффект составляет 80 т.руб.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что внедрение электровзрывания повышает производительность карьера на 15-20%, обеспечивая безопасность взрывных работ.

ВЫВОДЫ

I. В результате роста энерговооруженности предприятий, электрификации железных дорог, внедрения телевидения, радиолокации и высокочастотных методов разрушения горных пород ряд карьеров Министерства промышленности строительных материалов СССР отказались от электровзрывания. Проведенные в работе исследования доказывают возможность обеспечения безопасности при электровзрывании нормальными электродетонаторами. Для определения величины опасной зоны в работе разработана инженерная методика расчета величины "постороннего тока" в электровзрывной сети для случаев:

- а/ замыкания электровзрывной сети в двух точках, либо на всем протяжении;
- б/ монтажа электровзрывной сети в электромагнитном поле ЛЭП или контактной сети;
- в/ монтажа сети вблизи телевизионных антенн и радиолокаторов,
- г/ использования в качестве магистрального провода силовых фидеров.

II. В работе проведен анализ и уточнен существующий метод определения величины гарантийного тока и величины вероятности включения в наиболее неблагоприятный момент при взрывании от источника переменного тока промышленной частоты, что позволяет более точно судить о надежности электровзрывания переменным током.

Ш. Разработана методика измерения разности потенциалов и величины "посторонних токов", позволяющая сравнивать результаты измерений, проведенных на различных карьерах.

IV. Предложена новая схема расположения ЭД в скважине и новая схема взрывания с помощью разработанного прибора, что позволяет значительно увеличить надежность электровзрывания при наиболее эффективном способе взрывания - обратном инициировании ВВ в скважине.

У. Рассчитаны расстояния между скважинами, обеспечивающие бесподбойное взрывание детонирующим шнуром при короткозамедленном взрывании.

В качестве практических результатов выполненной работы, в первую очередь следует отметить внедрение электровзрывания на Новопавловском и Рыбальском карьерах. В результате внедрения на карьерах был достигнут экономический эффект в сумме 180 т.р. При выполнении работы была изготовлена: а/ аппаратура для производства измерений, позволяющих определить величину "постороннего тока";

б/ Разработана, изготовлена и испытана аппаратура для короткозамедленного взрывания, что позволило проверить эффективность нижнего инициирования, а также осуществить взрыв от датчиков целостности породы. В настоящее время приборы проходят промышленные испытания на карьерах в управлении "Запорожьевзрывпром" и в лаборатории физических методов разрушения горных пород в Днепропетровском горном институте.

По материалам работы подано две заявки на изобретение.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Опасность преждевременного взрыва электродетонаторов блуждающими токами на карьерах, находящихся вблизи электрофицированных железных дорог. Сб. "Горная электромеханика и автоматика", вып.8, изд.ХГУ, Харьков, 1967/соавторы Ф.И.Кучерявий, А.В.Итин/.

2. Определение величины блуждающих токов в электровзрывных сетях. Изв.ВУЗов, Горный журнал, № 9, 1967 /соавтор Ф.И.Кучерявий/.

3. Повышение безопасности при электровзрывании на гранитных карьерах вблизи электрофицированных железных дорог "Безопасность труда в промышленности", № 2, 1969 /соавторы Ф.И.Кучерявий, Э.И.Давиденко/.

4. Исследование безопасности электровзрывания в условиях гранитных карьеров Приднепровья, расположенных у электрофицированных железных дорог. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах ВУЗов Украинской ССР, Киев, 1967 /соавторы Ф.И.Кучерявий, А.В.Итин/.

5. Изыскание и технико-экономическое обоснование новых элементов буровзрывного комплекса, обеспечивающих оптимальные методы взрывного разрушения и безопасные приемы электровзрывания в условиях гранитных карьеров Приднепровья. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР за 1965-1966г., Киев, 1968 /соавторы Ф.И.Кучерявий, А.С.Олейников, Г.Д.Койфман/.

6. Определение опасных зон при электровзрывании в карьерах, находящихся вблизи электрофицированных железных дорог Сборник ДГИ, 1969 /соавторы Ф.И.Кучерявий, А.В.Итин/.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались:

1. На научно-технических конференциях ДГИ в 1966, 1968, 1970 гг.
2. На техническом совете "Укрглавнерудпрома" в 1966 г.
3. На техническом совете трестов "Днепроэнерудпром" и "Запорожьеэнерудпром" в 1968 г.
4. На техническом совете Министерства промышленности строительных материалов УССР в 1967 г.
5. В управлении "Харьковвзрывпром" и "Трансвзрывпром", 1968-1970 гг.

БГ 22081. Подписано к печати 31.12.71 г. Заказ №229

Тираж 150 экз.

Множительная лаборатория Днепропетровского Горного института
им. Артема, пр. К.Маркса, 19
Ответственный за выпуск Мочар Л.И.