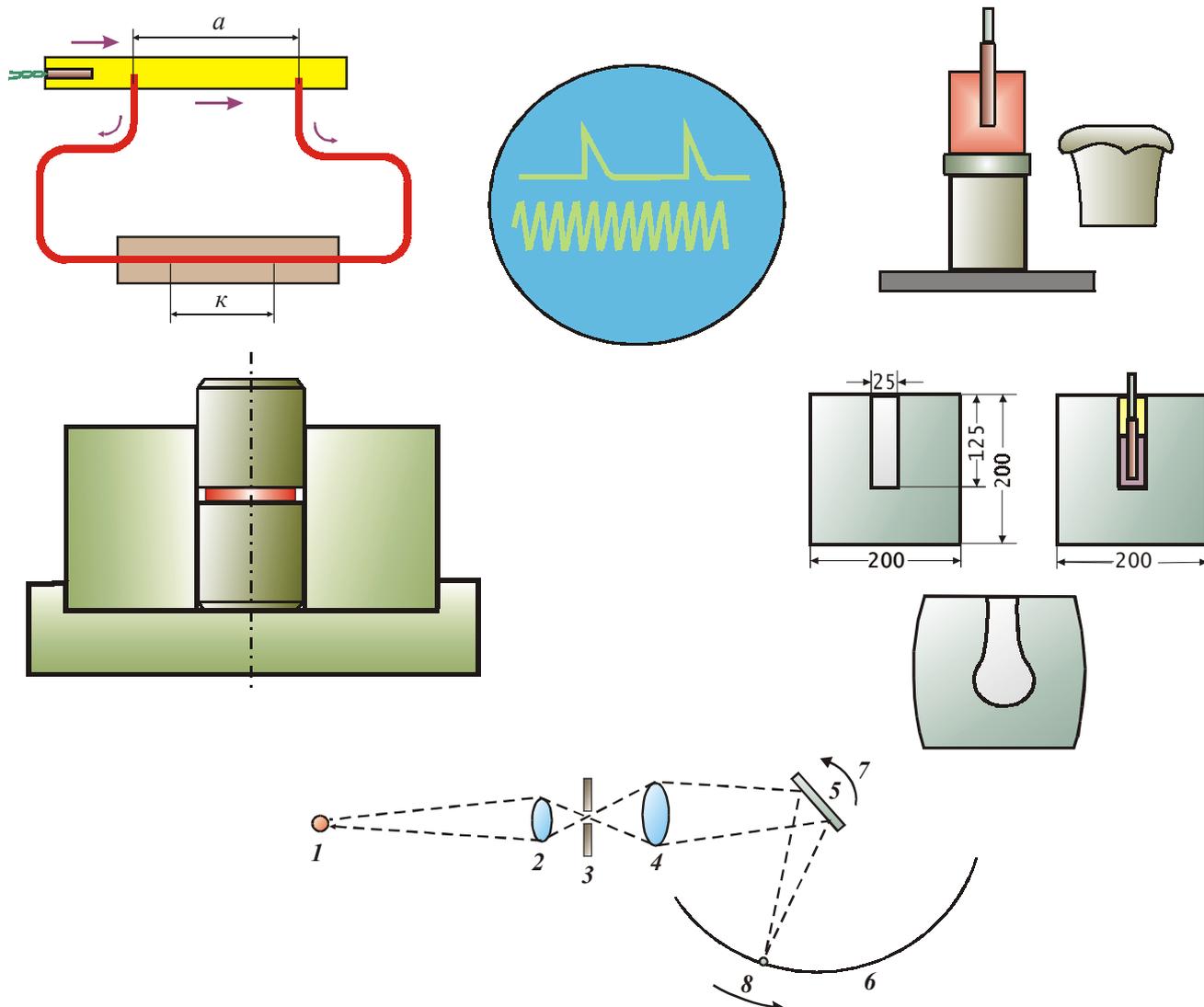


Н.Р. Шевцов, С.А. Калякин, В.В. Левит, С.В. Борщевский,  
Ю.И. Антоневи́ч, В.А. Бабичев



# П Р А К Т И К У М

## по взрывному делу



Донецк - 2004

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Посвящается 75-летию  
кафедры СШ и ПС  
ДонНТУ

Н.Р. Шевцов, С.А. Калякин, В.В. Левит, С.В. Борщевский,  
Ю.И. Антоневиц, В.А. Бабичев

## П Р А К Т И К У М

по взрывному делу

Рекомендовано  
Міністерством освіти  
і науки України  
як учбовий посібник для студентів  
спеціальностей „Шахтне та  
підземне будівництво”, „Розробка  
родовищ корисних копалин”,  
„Маркшейдерська справа” вищих  
навчальних закладів.

Донецк – 2003

Шевцов Н.Р., Калякин С.А., Левит В.В., Борщевский С.В., Антонец Ю.И., Бабичев В.А. / Под общ. ред. проф. Н.Р. Шевцова. Практикум по взрывному делу: Учебное пособие. – Донецк: Норд-Пресс, 2003. - 95 с.

Содержится современная стратегия обеспечения безопасности взрывных работ. Дается общая характеристика методов и средств испытания взрывчатых материалов для оценки их качества. Приводится стандартная терминология, излагаются методы обработки результатов испытаний. Приводится описание лабораторных работ, которые охватывают все основные разделы дисциплины «Разрушение горных пород взрывом».

Предлагаемая книга должна служить руководством при выполнении лабораторных работ по разрушению горных пород взрывом, предусмотренных учебным планом специальностей «Шахтное и подземное строительство», «Разработка месторождений полезных ископаемых», «Маркшейдерское дело» высших учебных заведений.

Кроме того, она может быть полезна при выполнении лабораторных работ по разрушению горных пород взрывом студентами высших учебных заведений не горных специальностей, в том числе „Бурение”, „Химическая технология высокомолекулярных соединений”, „Менеджмент организаций”.

ББК 33.133

Гриф видано \_\_\_\_ грудня 2003 року (протокол № \_\_\_\_ ) Міністерством освіти і науки України

ISBN

@ Шевцов Н.Р., 2003  
@ Калякин С.А., 2003  
@ Левит В.В., 2003  
@ Борщевский С.В., 2003  
@ Антонец Ю.И., 2003  
@ Бабичев В.А., 2003

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Практикум по курсу «Разрушение горных пород взрывом» призван помочь студентам глубже осознать основные закономерности взрывного дела и приобрести элементарные навыки экспериментирования.

В предлагаемом практикуме, предназначенном для студентов вузов, сделана попытка приблизить физический эксперимент к требуемому объему и уровню подготовки инженерных кадров.

Во вступительном разделе учебного пособия «Введение в практикум» дана классификация взрывчатых веществ, выпускаемых в Украине, по условиям применения. Содержатся основные сведения об измерении физических величин, теории погрешностей, приводятся методы обработки результатов измерений, основы техники безопасности при обращении со взрывчатыми материалами. Знакомит студентов с сущностью явления химического взрыва и методами определения его основных характеристик.

При выборе работ для данного практикума учитывались следующие соображения:

- значение того, или иного метода исследования в практике взрывного дела;

- педагогическая ценность работы – предпочтение было отдано тем официальным методам оценки качества взрывчатых материалов, которые позволяют студентам приобрести необходимые навыки, помогают усвоить наиболее важные разделы курса разрушения горных пород взрывом и дают наглядные представления о свойствах взрывчатых веществ и средств инициирования.

Описание каждой лабораторной работы составлено с таким расчетом, чтобы студент, знающий соответствующий раздел дисциплины и изучивший методику по данному практикуму, мог бы выполнить работу совершенно самостоятельно. Это, конечно, не означает, что мы считаем возможным выполнение работ со взрывчатыми веществами без руководства и тщательного контроля опытных педагогов.

Авторы выражают благодарность вспомогательному персоналу кафедры СШ и ПС ДонНТУ: заведующему лабораторией взрывных работ Пудяку В.И. за ценные замечания, позволивших внести в рукопись ряд полезных дополнений и уточнений; инженеру Резнику А.В. и лаборанту Кекух А.И. за выполнение компьютерной обработки материалов настоящего учебного пособия.

## ВВЕДЕНИЕ В ПРАКТИКУМ

Лабораторные работы являются одним из важнейших этапов изучения дисциплин по взрывному делу. Выполняя эти работы, студент непосредственно знакомится со свойствами различных взрывчатых веществ (ВВ) и средств инициирования (СИ), с закономерностями их превращений, которые изучает теория взрывного дела. Вместе с тем выполнение практикума позволяет освоить важнейшие экспериментальные методы исследования и испытаний взрывчатых материалов (ВМ), а также изучить ряд явлений взрывчатого превращения ВВ.

Лабораторные работы следует выполнять после изучения соответствующих теоретических разделов курса. Наличие учебника (Н.Р. Шевцов, П.Я. Таранов, В.В. Левит, А.Г. Гудзь. Разрушение горных пород взрывом. – Донецк: ООО «Лебедь», 2003. - 279 с.) позволяет отказаться от изложения, хотя бы и краткого, теоретических вопросов в руководстве для лабораторных работ. Описание работ сопровождается поэтому лишь кратким освещением принципов действия приборов или принципиальных основ предлагаемых методик исследования. Предполагается, что перед выполнением каждой работы студент должен изучить необходимый теоретический материал по учебнику. В описаниях работ ссылки на учебник даны сокращенно, например: Уч. 3, 3.1, 106-113, что означает: учебник «Разрушение горных пород взрывом», глава 3, подраздел 3.1, С. 106-113.

Кроме того, студент должен изучить соответствующие требования по технике безопасности. В настоящее время нормативным документом, в котором регламентирован весь процесс ведения взрывных работ, являются «Единые правила безопасности при взрывных работах». В описаниях работ ссылки на эти Правила даны также сокращенно, например, ЕПБ, 4...7, что означает «Единые правила безопасности при взрывных работах», § 4, § 5, § 6, § 7. Ссылки на другую литературу, в случае необходимости получения дополнительных сведений, даны без сокращения.

Приведенные описания работ охватывают все основные разделы курса теории ВВ и взрывного дела. По большей части разделов предусмотрено несколько работ, а в некоторых работах – несколько вариантов методики исследования. В зависимости от имеющегося в лаборатории оборудования и количества часов, отведенных по рабочей программе, преподаватель устанавливает перечень работ, обязательных для данной группы студентов, что должно быть отражено в учебно-методической карте дисциплины (УМКД).

### *Виды испытаний взрывчатых материалов*

Для проверки соответствия качества промышленных ВВ требованиям стандартов и технических условий на них установлены следующие виды испытаний (ГОСТ 14839.0-91 «Вещества взрывчатые промышленные». Приемка и отбор проб.):

- приемо-сдаточные испытания у изготовителя;
- испытания при входном контроле у потребителя;

– периодические (предохранительные ВВ III-VII классов и предохранительные патронированные ВВ I и II классов и гранулирование ВВ II класса) в институте по безопасности работ.

Аналогичный порядок испытаний установлен также для средств иницирования.

#### *а) Приемно-сдаточные испытания*

Приемо-сдаточные испытания проводят на предприятиях, изготавливающих промышленные ВВ. Приемку ВВ осуществляют после формирования партии. В процессе приемки непатронированных ВВ контролируют: качество и содержание маркировки транспортной тары, качество транспортной упаковки, массу ВВ в упаковке, физико-химические и взрывчатые показатели качества ВВ. В процессе приемки патронированных ВВ контролируют: качество и содержание маркировки транспортной и потребительской упаковки, качество патронирования, физико-химические и взрывчатые показатели.

#### *б) Испытания при входном контроле*

Испытания при входном контроле потребитель проводит при поступлении ВМ на склад. Взрывчатые материалы, полученные с завода-изготовителя, на базисных складах при входном контроле должны быть в зависимости от типа ВВ и СИ подвергнуты следующим испытаниям: нитроэфирные ВВ – внешнему осмотру тары и отобранных патронов, определению наличия экссудата (выделения из порошка ВВ нитроэфиров), на способность патронов передавать детонацию через воздушный промежуток, разделяющих их; аммиачно-селитренные ВВ – внешнему осмотру тары и отобранных патронов, на способность патронов ВВ передавать детонацию, определению содержания влаги в ВВ; ЭД и КД - внешнему и наружному осмотру тары и отобранных ЭД и КД, электродетонаторы проверяются на сопротивление и качество изоляции проводов, которые должны соответствовать пределам, указанным на этикетках упаковочных коробок; огнепроводной шнур - внешнему осмотру тары и отобранных бухт шнура, на скорость, полноту, равномерность горения и его водоустойчивость; детонирующий шнур – внешнему осмотру тары и отобранных ДШ, на безотказность взрывания по установленным схемам при иницировании и его водоустойчивость.

#### *в) Периодические испытания*

Периодические испытания проводят контрольные лаборатории научно-исследовательских институтов по безопасности работ в горной (горнорудной) промышленности или их представители на предприятиях изготовителях ВМ. С отобранными для испытаний ВВ в контрольную лабораторию направляют копию паспорта на партию ВВ, от которой отобрана выборка, краткое описание технологического процесса изготовления ВВ, акт отбора образцов, подписанный представителем Госстандарта.

Контрольная лаборатория проводит испытания ВВ на соответствие всем требованиям стандартов на методы испытания промышленных ВВ и выдает заключение о соответствии показателей качества требованиям, установленным в стандартах или технических условиях на соответствующее ВВ.

Кроме того, в институте по безопасности работ проводятся контрольные испытания (ОСТ 12.24.254-84 «Вещества взрывчатые промышленные. Порядок проведения испытаний»). Контрольные испытания проводят с целью выявления соответствия свойств и качества новых ВВ техническим требованиям, предъявляемым к ВВ по показателям, определяющим уровень их безопасности и эффективности при взрывных работах, целесообразности и возможности их производства.

*г) Приемка промышленных ВВ, изготавливаемых непосредственно на горнодобывающих предприятиях*

Для приемки промышленных ВВ, изготавливаемых на горнодобывающих предприятиях, проводят контрольные испытания показателей качества, контроль правильности дозировки компонентов и контроль качества раствора окислителя для водосодержащих ВВ и в том числе контроль качества эмульсии для эмульсионных ВВ. Контрольные испытания показателей качества проводят: при вводе в эксплуатацию смесительно-зарядной машины (СЗМ), при приготовлении водосодержащих ВВ и, в том числе, эмульсионных ВВ или стационарного пункта изготовления (СПИ) гранулированных ВВ. Контроль правильности дозировки компонентов осуществляют в процессе производственного контроля с периодичностью, установленной регламентом технологического процесса. Контроль качества раствора окислителя для водосодержащих ВВ и в том числе контроль качества эмульсии для эмульсионных ВВ на соответствие требованиям регламента технологического процесса осуществляют один раз в смену с выдачей паспорта с результатами анализа на каждую СЗМ.

Проверка показателей качества промышленных ВВ проводится по следующим показателям: внешний вид, соответствие компонентного состава, водоустойчивость, полнота детонации, физико-химические и взрывчатые показатели, нормируемые стандартами и техническими условиями.

***Показатели качества промышленных взрывчатых веществ***

Показатели качества ВВ определяются соответствующими методами их испытания. Методы испытаний ВВ распространяются на все промышленные ВВ, выпускаемые по стандартам и техническим условиям. Основные методы испытаний изложены в ГОСТ 14839.0-69 – ГОСТ 14839.19-69 «Взрывчатые вещества промышленные. Правила приемки и отбора проб. Методы испытания». Кроме того часть методов испытаний приведена в ГОСТ 21982-76 – ГОСТ 21989-76 «Взрывчатые вещества промышленные. Технические условия», ГОСТ 45-45-80 «Вещества взрывчатые. Методы определения чувствительности к удару», ГОСТ 5772-51 «Вещества взрывчатые. Методы оп-

ределения химической стойкости нитроэфиров». Частично методы испытаний приведены в ТУ на ВВ и СВ в зависимости от наличия у них ряда специальных свойств или необходимости выполнения особых требований безопасности. Новые ВВ или СВ должны соответствовать техническим требованиям, которые также содержат методы их испытаний. В целом все методы испытаний можно разделить на две большие группы. К первой группе относятся физико-химические методы испытаний. Как уже понятно из названия первой группы, ВВ и СВ должны подвергаться методам испытаний определяющих как их физические показатели качества, так и химические.

К физическим относятся показатели, которые определяются следующими методами испытаний:

- метод определения содержания влаги;
- метод определения водоустойчивости;
- метод определения массы взрывчатого вещества в патроне, а также массы бумаги и влагоизолирующей смеси, приходящихся на 100 г ВВ;
- метод определения диаметра патрона;
- метод определения гранулометрического состава;
- метод определения плотности;
- метод определения времени срабатывания ЭД;
- метод определения электрического сопротивления изоляции токопроводящих частей ЭД;
- метод определения импульса воспламенения по току ЭД.

Химические показатели качества ВМ определяются следующими методами испытаний:

- методы определения содержания компонентов (химического состава ВВ); включают в себя: определения содержания нитросоединений и минерального масла, нитроэфиров, аммиачной селитры, хлористых солей, парафина, алюминия, нитратов натрия, калия, кальция, нитроаминов и т.д.;
- методы определения химической стойкости;
- методы определения слёживаемости ВВ;
- методы определения ядовитых газов в продуктах взрыва;

Ко второй группе испытаний ВМ относятся взрыво-технические показатели их качества, которые определяются следующими методами испытаний:

- методы определения полноты детонации;
- методы определения бризантности и фугасности;
- методы определения теплоты взрыва и объема продуктов взрыва ВВ;
- методы определения скорости детонации ВВ;
- методы определения критического диаметра и критической плотности ВВ;
- методы испытаний на передачу детонации между сухими и мокрыми патронами;
- методы испытаний на чувствительность к детонации;

- методы определения чувствительности к удару и трению;
- методы определения предохранительных свойств ВВ в метано-воздушной и пылевоздушной смеси (МВС и ПВС);
- методы определения температуры вспышки ВВ;
- методы определения поджигаемости ВВ;
- методы определения устойчивости детонации;
- методы определения иницирующей способности ЭД и КД.

Как видно, в практике испытаний ВМ используется сравнительно большое число методов их испытания. Это прежде всего связано с тем, что ВВ и СИ находят применение практически в любой сфере деятельности человека. В зависимости от условий применения ВВ и СИ проводят те или иные испытания, которые позволяют судить о их качестве и пригодности для ведения взрывных работ. «Единые правила безопасности при взрывных работах» в соответствии с разделом 1 предусматривают классификацию промышленных ВВ по условиям применения. В Украине постановлением Кабинета министров № 941 от 13.06.00 г. утвержден список допущенных к производству и реализации ВВ, которые изготавливаются как в условиях самого специализированного предприятия, так и в условиях предприятий, которые проводят горные работы. В соответствии с этими двумя документами в табл. 1 приведены основные типы ВВ и условия их применения при взрывных работах.

Таблица 1

### Украинские промышленные ВВ

| Класс ВВ | Группа ВВ | Вид и условия применения  | Цвет оболочки патронов или их пачек | Основные представители   | Способ изготовления ВВ и по какому документу  |
|----------|-----------|---|-------------------------------------|--|---|
| 1        | 2         | 3   | 4                                   | 5  | 6   |
| I        | -         | Непредохранительные ВВ для взрывания только на земной поверхности | белый                               | гранулол; граммониты 50/50, 30/70В; гелекс Р-80-160; ЗАРС-1, ЗАРС-М; порох «Бипор»; игданит; гранулит НМ | Заводского изготовления: ГОСТ 25857-83; ГОСТ 21988-76; ТУ У3.50-14310112041-97; ТУ У3.50-14312683-035-96; ТУ У3.50-14015318-117-99; Изготовление на месте ВР ТУ-ГП-2-77; ТУ У 0202743.006-97; |

| 1   | 2 | 3  | 4       | 5  | 6  |
|-----|---|--|---------|--|--|
| II  | - | Непредохранительные ВВ для взрывания только на земной поверхности и в забоях подземных выработок, в которых либо отсутствует выделение горючих газов или взрывчатой угольной (сланцевой) пыли, либо применяется инертизация призабойного пространства, исключающая воспламенение взрывоопасной среды при взрывных работах.   | красный | аммонит 6ЖВ;<br><br>граммониты 79/21 и 79/21 ГС;<br><br>аммонал М-10;<br><br>аммонал скальный №1;<br><br>аммонал скальный №1 У;<br><br>детонит М | ГОСТ 21984-76;<br><br>ТУ У 3.50-14015318-032-95;<br>ТУ У 3.50-14015318-066-98;<br><br>ТУ 7511903-577-92;<br><br>ГОСТ 21985-76;<br><br>ТУ У 24.6-14311844-001-2001;<br><br>ГОСТ 21986-76; |
| III | - | Предохранительные ВВ для взрывания только по породе в забоях подземных выработок, в которых имеется выделение горючих газов и отсутствует взрывчатая угольная (сланцевая) пыль.  | синий   | Аммонит АП – 5ЖВ   | ГОСТ 21982-76;   |
| IV  | - | Предохранительные ВВ для взрыванию: по углю и (или) породе или горючим сланцам в забоях подземных выработок, опасных по взрыву угольной или сланцевой пыли при отсутствии выделения горючих газов; по углю и (или) породе в забоях подземных выработок, проводимых по угольному пласту, в которых имеется выделение горючих газов, кроме выработок с повышенным выделением горючих газов; для сотрясательного взрывания в забоях подземных выработок угольных шахт | желтый  | аммониты Т-19 и ПЖВ-20;<br><br>аммонит Ф-5;<br><br>аммонит Г-5;  | ГОСТ 21982-76;<br><br>ТУ 12.00174068.002-92;<br><br>ТУ У 3.50-14311844-112-2000;   |
| V   | - | Предохранительные ВВ для взрывания по углю и (или) породе в выработках с повышенным выделением горючих газов, проводимых по угольному пласту, когда исключен контакт боковой поверхности шпурового заряда с газовойздушной смесью, находящейся либо в пересекающихся шпур трещинах массива горных пород, либо в выработках.  | желтый  | угленит Э-6;<br><br>углениты 13П, 13П/1  | ГОСТ 21983-76;<br><br>ТУ 12.0174086.002-92;  |

| 1            | 2 | 3  | 4      | 5  | 6  |
|--------------|---|--|--------|--|--|
| VI           | - | Предохранительные ВВ для взрывания по углю и (или) породе в выработках с повышенным выделением горючих газов, проводимых в условиях когда возможен контакт боковой поверхности шпурового заряда с газозвоздушной смесью, находящейся либо в пересекающих шпур трещинах горного массива либо в выработке; и угольных и смешанных забоях восстающих (с углом более 10°) выработок, в которых выделяется горючий газ, при длине выработок более 20м и проведении их без предварительно пробуренных скважин, обеспечивающих проветривание за счет общешахтной депрессии. | желтый | угленит 10П; высокопредохранительные патроны П12ЦБ-2М; | ТУ 12.0174086.001-95;<br><br>ТУ12.00173769.024-93; |
| VII          | - | Предохранительные ВВ и изделия из предохранительных ВВ VI-VII классов для ведения специальных взрывных работ (для водораспыления и распыления порошкообразных ингибиторов, для взрывного перебивания деревянных стоек при посадке кровли, при ликвидации зависаний горной массы в углеспускных выработках, для дробления негабаритов) в забоях подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации горючего газа и угольной пыли.   | желтый | Ионит  | ОСТ 3-6657-91                                      |
| Спец.<br>(С) | - | Непредохранительные и предохранительные ВВ и изделия из них предназначенные для специальных взрывных работ, кроме забоев подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации горючего газа и угольной (сланцевой) пыли.   |        |  |  |

| 1 | 2 | 3   | 4       | 5   | 6  |
|---|---|---|---------|---|--|
|   | 1 | Взрывные работы на земной поверхности: импульсная обработка металлов; инициирование скважинных и сосредоточенных зарядов; контурное взрывание для заоткоски уступов; разрушение мерзлых грунтов; взрывное дробление негабаритных кусков горной массы; сейсморазведочные работы в скважинах; создание заградительных полос при локализации лесных пожаров и другие специальные работы. | белый   | заряд накладной ЗКМВГ;<br><br>заряд сейсмический ЗСВГ | ТУ У3.50 – 14310112 – 120 - 98;<br><br>ТУ У3.50 -14310112 - 120-98 |
|   | 2 | Взрывные работы в забоях подземных выработок, не опасных по газу и (или) угольной (сланцевой) пыли; взрывание сульфидных руд; дробление негабаритных кусков горной массы; контурное взрывание и другие специальные работы.  | красный | Заряд кумулятивный ЗП1-67-150                         | ТУУ 13936163,001-94  |
|   | 3 | Прострелочно-взрывные работы в разведочных, нефтяных, газовых скважинах   | черный  | Заряд кумулятивный ШКЗ-1                              | ТУ 84-948-84   |
|   | 4 | Взрывные работы в серных, нефтяных и других шахтах, опасных по взрыву серной пыли, водорода и паров тяжелых углеводородов.  | зеленый |   |  |

Таким образом, все промышленные ВВ разделены на две группы: неприеходительные и предохранительные. Неприеходительные ВВ выпускаются как в виде патронов (патронированные), так и в непатронированном виде – гранулированные и водосодержащие.

Предохранительные ВВ выпускаются исключительно в патронированном виде. В соответствии с разбивкой по условиям применения показатели их качества определяются в различном объеме испытаний: у предохранительных и неприеходительных, у патронированных и не патронированных. В табл. 2 приведены технические показатели качества ВВ, которые подлежат определению как на стадии их разработки, так и при контроле валовых партий при их массовом производстве.

В соответствии с табл. 2 видно, что наибольший объем испытаний требуют предохранительные ВВ. При этом количество показателей, характеризующих их физико-химические и взрыво-технические свойства, достигает числа 19. Разнообразный спектр показателей, который должен быть определен у этих ВВ, связан с тем, что ПВВ применяются в угольных шахтах в самых неблагоприятных и небезопасных условиях их взрывания. При этом в

## Технические показатели качества ВВ и порядок их испытаний

| Технические показатели качества ВВ  | Непредохранительные ВВ |                |                   |                | Предохранительные ВВ |                |
|---|------------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------------|----------------|
|   | патронированные        |                | непатронированные |                | опытный образец      | валовая партия |
|   | опытный образец        | валовая партия | опытный образец   | валовая партия |                      |                |
| 1   | 2                      | 3              | 4                 | 5              | 6                    | 7              |
| 1. Содержание компонентов (химанализ)   | +                      | +              | +                 | +              | +                    | +              |
| 2. Определение содержания влаги   | +                      | +              | +                 | +              | +                    | +              |
| 3. Определение granulометрического состава  | -                      | -              | +                 | +              | -                    | -              |
| 4. Определение плотности детонации  | -                      | -              | +                 | +              | -                    | -              |
| 5. Определение веществ нерастворимых в воде, ацетоне, бензоле, толуоле, бензине                       | +                      | +              | +                 | +              | +                    | +              |
| 6. Определение плотности  | +                      | +              | -                 | -              | +                    | +              |
| 7. Определение диаметра патрона   | +                      | +              | -                 | -              | +                    | +              |
| 8. Определение массы ВВ в патроне, массы бумаги и влагоизолирующего покрытия (только ВВ в бум. обол.) | +                      | +              | -                 | -              | +                    | +              |
| 9. Определение бризантности   | +                      | +              | +                 | -              | +                    | +              |
| 10. Определение фугасности  | +                      | +              | +                 | -              | +                    | +              |
| 11. Определение критического диаметра детонации   | +                      | -              | +                 | -              | +                    | +              |
| 12. Определение критической плотности   | +                      | -              | +                 | -              | -                    | -              |
| 13. Скорость детонации  | +                      | -              | +                 | -              | +                    | -              |
| 14. Температура вспышки   | +                      | -              | +                 | -              | +                    | -              |
| 15. Чувствительность к удару и трению   | +                      | -              | +                 | -              | +                    | -              |
| 16. Газовая вредность (кол-во ядовитых газов)   | +                      | -              | +                 | -              | +                    | -              |

| 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 17. Определение водостойчивости                               | + | + | + | + | - | - |
| 18. Определение передачи детонации                            | + | + | - | - | + | + |
| 19. Определение передачи детонации между мокрыми патронами    | - | - | - | - | + | + |
| 20. Определение устойчивости детонации                        | - | - | - | - | + | - |
| 21. Определение предохранительных свойств                     | - | - | - | - | + | + |
| 22. Определение устойчивости против выгорания (поджигаемость) | - | - | - | - | + | - |
| 23. Определение хим. стойкости для ВВ содержащих нитроэфиры   | - | - | - | - | + | - |

ряде случаев они требуют проведения специальных испытаний, которые в той или иной мере моделируют условия их взрывания в шахтах. Результаты этих испытаний позволяют сделать вывод о возможности использования ПВВ в угольных шахтах, опасных по газу и (или) угольной пыли.

В связи с тем, что методы испытаний ПВВ в ряде случаев специфичны, а термины и определения, которые характеризуют их показатели, уровень предохранительных свойств и устойчивости детонации против выгорания, не достаточно освещены в литературе, т.е. не нашли своего отражения в ГОСТ 26184-84 «Вещества взрывчатые промышленные. Термины и определения», то необходимо их изложить по форме и толкованию как можно более точнее и правильнее.

### ***Основные термины, понятия и их определения***

Стандарт (ГОСТ 21684-84) устанавливает применяемые в науке, технике и производстве термины и определения промышленных ВВ. В связи с тем, что со времени выхода стандарта прошло почти 20 лет, ряд терминов и определений требует корректировки. Кроме того, необходимо сформулировать новые термины и определения, которые за этот период вошли в обиход при испытаниях ВВ.

**Взрыв** – процесс, чрезвычайно быстрого превращения вещества, сопровождающийся выделением энергии (теплоты) и газообразных продуктов, способных при расширении совершать работу над окружающей их средой и образовывать ударные волны.

**Взрывчатое вещество (ВВ)** представляет собой химические соединения (или их смесь), способное под влиянием определенного внешнего воздействия к самораспространяющейся по всему своему объему с высокой скоростью химической реакции, сопровождающейся выделением больших количеств теплоты и газообразных продуктов, образующих в веществе детонационную волну.

**Промышленное взрывчатое вещество** – ВВ, предназначенное для взрывных работ в народном хозяйстве.

**Предохранительное взрывчатое вещество** – промышленное ВВ, обладающее пониженной способностью к воспламенению взрывоопасных сред и к поджигаемости, которая обеспечивает заряду устойчивость против выгорания, применяемое в шахтах, опасных по газу или пыли.

**Непредохранительное взрывчатое вещество** - промышленное ВВ, применяемое в местах ведения взрывных работ, не опасных по взрыву газа или пыли.

**Водоустойчивое взрывчатое вещество** – промышленное ВВ, сохраняющее способность к полной детонации после выдержки в воде в течении установленного времени.

**Нитроэфирсодержащее взрывчатое вещество** - промышленное ВВ, одним из компонентов которого являются жидкие нитроэфиры.

**Водосодержащее взрывчатое вещество** - промышленное ВВ, содержащее воду или водные растворы окислителя и горючего.

**Перхлоратное (хлоратное) взрывчатое вещество** - промышленное ВВ, одним из компонентов которого являются перхлоратные (хлоратные) соли.

**Детонит** – непредохранительное нитроэфирсодержащее ВВ, массовая доля нитроэфиров в котором не более 15%.

**Динамит** - непредохранительное нитроэфирсодержащее ВВ, массовая доля нитроэфиров в котором более 15%.

**Угленит** - предохранительное нитроэфирсодержащее ВВ, в состав которого входят пламегаситель, окислитель и горючее.

**Акватол** – водосодержащее ВВ, в состав которого входит гранулированный или чешуирующий тротил.

**Акванит** - водосодержащее ВВ, в состав которого входит дисперсионное нитросоединение.

**Акванал** - водосодержащее ВВ, в состав которого входит дисперсный алюминий.

**Аммонит** – порошкообразное промышленное ВВ, основными компонентами которого являются аммиачная селитра и тротил.

**Аммонал** - порошкообразное промышленное ВВ, основными компонентами которого являются аммиачная селитра, нитросоединения и дисперсионный алюминий.

**Граммонит** – промышленное ВВ, представляющее смесь гранулированной аммиачной селитры с гранулированным или чешуирующим тротилом или представляющее собой гранулированный аммонит.

**Граммонал** – промышленной ВВ, представляющее собой гранулированный аммонал.

**Гранулит** – гранулированное промышленное ВВ, основными компонентами которого являются гранулированная аммиачная селитра и горючие невзрывчатые материалы.

**Детонация** – процесс распространения химической реакции в заряде ВВ при помощи детонационной волны, движущейся по ВВ со сверхзвуковой скоростью; при этом направление движения продуктов реакции и детонационной волны совпадает.

**Детонационная волна** – представляет собой фронт химического превращения прилегающую к нему ударную волну, движущуюся по ВВ, с параметрами, необходимыми для инициирования в нем за её фронтом самоподдерживающейся химической реакции, в результате которой выделяется энергия, необходимая для её стационарного распространения по заряду с постоянной скоростью.

**Горение ВВ** – процесс протекания химической реакции во взрывчатом веществе, в результате которого реакцией охватываются отдельные слои ВВ со скоростью ниже его скорости звука; при этом продукты реакции движутся в сторону противоположную направлению движения фронта горения.

**Дефлаграция** – процесс горения заряда ВВ в результате отказа или его неполной детонации в шпуре (скважине) при взрывных работах.

**Выгорание** – результат взрывания заряда ВВ, при котором происходит дефлаграция, вследствие чего продукты горения заряда выбрасываются из зарядной камеры шпура (скважины).

**Устойчивость ВВ против выгорания** – характеристика ВВ, которая определяет его способность к поджиганию и горению в зависимости от условий замкнутости заряда.

**Поджигание ВВ** – процесс его воспламенения в заряде от действия инициирующего импульса.

**Поджигаемость ВВ** – параметр, характеризующий степень восприимчивости ВВ к воспламенению в зависимости от величины массы воспламенителя.

**Боевик (патрон-боевик)** – ВВ, в котором находится нужное количество средств инициирования для его подрыва.

**Заряд ВВ** – снабженное патроном-боевиком определенное количество ВВ, снаряженное в различного рода оболочки, зарядные полости шпуров и скважин или во взрывные минные камеры, с целью разрушения окружающих его горных пород, объектов гражданского и военного значения.

**Отказ детонации** – результат взрывания заряда, при котором взорвался только инициатор без передачи детонации основному заряду ВВ.

**Неполная детонация** - результат взрывания заряда, при котором происходит взрыв боевика или части заряда без передачи детонации по всему заряду.

**Передача детонации** – способность одного детонирующего заряда ВВ возбуждать детонацию в другом заряде через инертный промежуток, разделяющий их.

**Предохранительные свойства ВВ** – характеристика предохранительного ВВ, выраженная в величине массы предельного (максимального) заряда, не воспламеняющего взрывоопасную среду в опытном штреке при его испытании или в величине массы, дающей 50% воспламенений.

**Детонационная способность ВВ** – интегральная характеристика, зависящая от взрывотехнических показателей ВВ, которая определяет способность заряда устойчиво детонировать при различных условиях взрывания.

**Работоспособность ВВ** – интегральная характеристика, которая зависит от параметров ВВ, определяет его способность разрушать и перемещать горные породы при взрыве.

**Бризантность ВВ** – характеристика, которая определяет способность ВВ к местному разрушительному действию при взрыве.

**Газовость ВВ** характеризует токсичность его продуктов взрыва вследствие образования в них ядовитых и вредных для человека газов.

**Безопасность** – свойство системы существовать, не переходя в опасное состояние.

### *Обработка результатов испытаний*

При выполнении лабораторных работ каждый студент обязан вести на рабочем месте лабораторный журнал. Ход и результаты испытаний должны быть подробно записаны. Правильное ведение лабораторного журнала - неременное условие успеха в проведении любого испытания, оформление отчета по работе и его защите. После выполнения работы студент в лабораторном журнале записывает дату выполнения работы, исходные данные, условия проведения испытания, наблюдения, сделанные в ходе эксперимента, и результаты испытания и сдает для проверки руководителю работы. Если работа выполнена правильно и не содержит методических ошибок, преподаватель допускает ее к защите. Для этого студент проводит обработку результатов испытаний и оформляет отчет по лабораторной работе.

При обработке результатов испытаний студент должен использовать правила определения оценок и доверительных границ для параметров, полученных им при испытании. Как правило, при испытаниях ВМ пользуются ГОСТ 11.004-74 «Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения». Кроме того, технические требования на новые образцы ВВ и СИ предусматривают определение ряда величин параметров ВМ методом «вверх-вниз». Преимуществом этого метода является то, что при сравнительно небольшом количестве опытов в процессе проведения научно-исследовательских работ можно получить максимум информации о величинах исследуемого параметра ВМ. Поэтому, как правило, при испытаниях ВМ отдают предпочтение точечной оценке выборочной средней параметра испытываемого ВВ или СИ по ГОСТ

11.004-74, а при выполнении НИР – методу «вверх-вниз». С обоими методами статистической оценки величин параметров, полученных при выполнении лабораторных работ или НИР, студентов необходимо ознакомить.

Несмещенной оценкой для генеральной средней ( $m$ ) нормального распределения является выборочная средняя  $\bar{x}$ , которую часто называют средней арифметической выборки, т.к. она определяется по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – случайная выборка объема  $n$ .

Несмещенной оценкой для генеральной дисперсии  $\sigma^2$  нормального распределения является выборочная дисперсия  $S^2$ , которая определяется по формуле:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

Для большинства практических случаев целесообразно привести формулу (2) к следующему виду:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \quad (3)$$

Оценкой для генерального среднего квадратичного отклонения  $\sigma$  нормального распределения является выборочное среднее квадратичное отклонение  $S$ , определяемое по формуле:

$$S = +\sqrt{S^2} \quad (4)$$

Выборочная средняя  $\bar{x}$  определяется верхней  $M_v$  и нижней  $M_n$  границей двухстороннего доверительного интервала для генеральной средней  $M$  при данной доверительной вероятности по случайной выборке объема и согласно формулам:

$$M_n = \bar{x} - \frac{t_{1+\gamma}(v)}{\sqrt{n}} \cdot S, \quad (5)$$

$$M_v = \bar{x} + \frac{t_{1+\gamma}(v)}{\sqrt{n}} \cdot S, \quad (6)$$

где  $\bar{x}$  и  $S$  – выборочные характеристики, определяемые по формулам (1) и (4),

$t_{\frac{1+\gamma}{2}}(v)$  - квантиль распределения  $t$  (Стьюдента) с  $v = n-1$  степенью свободы.

Значения квантиля распределения Стьюдента приведены в Приложе-

нии А, а значения величины  $\frac{t_{\frac{1+\gamma}{2}}(v)}{\sqrt{n}}$  указаны в Приложении Б.

Приведенными формулами пользуются при обработке результатов испытаний по определению параметров ВВ или СИ и их доверительных границ. При этом истинное значение определяемого параметра лежит внутри интервала ( $M_B - M_H$ ), и абсолютная точность оценки параметра  $\varepsilon$  определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{t_{\frac{1+\gamma}{2}}(v) \cdot S}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

Величину  $\varepsilon$  необходимо учитывать при оценки качества ВВ или СВ. Это связано с тем, что стандартом или ТУ на ВМ значение показателя качества иногда определяется как «не менее» или «не более». В этом случае точечной оценкой выборочной средней  $\bar{x}$  нельзя оценить истинное значение показателя качества ВМ. Например, детонит имеет показатель качества на бризантность не менее 18мм (проба Гесса); при испытании точечная оценка показателя бризантности дает величину 18,3мм и кажется, что ВВ в полной мере удовлетворяет стандарту по этому показателю. В действительности точность определения данного параметра при испытании составила  $\varepsilon = 0,6$ мм и теперь понятно, что истинное значение этого показателя находится в интервале 17,7-18,9мм. При этом нижняя граница интервала не удовлетворяет требованиям стандарта и ВВ необходимо браковать по бризантности.

Другим важным вопросом при испытании является определение необходимого количества опытов для их проведения. С помощью формулы (7) можно определить требуемое количество опытов задавшись необходимой точностью  $\varepsilon$  и величиной среднего квадратичного отклонения  $S$ . Из формулы (7) получим:

$$n = \left( \frac{t_{\frac{1+\gamma}{2}}(v) \cdot S}{\varepsilon} \right)^2 \quad (8)$$

Анализируя формулу (8) легко убедиться, что увеличивая точность определения контролируемой величины при испытаниях приходится значительно увеличивать количество опытов. При проведении научных исследований при выполнении НИР приходится определять большое количество показателей ВВ и СВ. В результате чего объем экспериментальной работы резко возрастает. С целью снизить количество опытов при проведении экспериментов применяют статистически обоснованный метод постановки опытов, называемый «вверх-вниз». Этот метод широко используется при определении уровня предохранительных свойств, поджигаемости ВВ, передачи детонации сухих и мокрых патронов, определении чувствительности к удару ВВ и ЭД, чувствительности ЭД по току. Метод заключается в следующем. Выбирают шкалу таким образом, чтобы интервалы между соседними ее точками были постоянными в логарифмическом масштабе. Иначе говоря, если  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  – последовательные значения величин параметра ВМ этой шкалы, то должно выполняться условие:

$$\lg x_2 - \lg x_1 = \lg x_3 - \lg x_2 = \dots = \lg x_n - \lg x_{n-1} = d$$

Сущность такого подхода заключается в том, что если определять величину  $x_{50}$  (проявление параметра ВМ величиной  $x$  с 50% вероятностью), то логарифмически нормальное распределение вероятности события зависит от величины  $x$ .

Первый опыт проводят при некотором, произвольно выбранном,  $x_i$ . Если опыт положителен, то в следующем опыте берут ближайшее значение  $x$  по шкале  $x_{i+1}$ ; если результат отрицателен – меньшее значение  $x_{i-1}$ . Таким образом, шаг испытаний определен следующим условием:

$$\lg x_{i+1} = \lg x \pm d$$

По мере накопления результатов обеих родов (положительного и отрицательного) производят подсчет «+» и «-» на каждом уровне и строят диаграмму «вверх-вниз» (см. приложение). Опыты заканчивают, когда общее количество пар «+» и «-» будет не менее 10, а последний и предпоследний опыты будут отличаться по результату. Обработка результатов заключается в следующем. Подсчитывают количество «+» и «-» на каждом уровне и их общее количество, соответственно  $N_1$  и  $N_2$ .

В дальнейшем для расчета выбирают меньшее из них, которое обозначается  $N$  ( $N_1 > N_2$ ), а  $N = N_2$ . Вычисляют  $x_{50}$  по формуле:

$$\lg x_{50} = \lg x_0 + d \left( \frac{\sum_{i=0}^k in_i}{N} \pm \frac{1}{2} \right), \quad (9)$$

где  $i$  - порядковый номер уровня;

$d$  – шаг шкалы  $x$ ;

$x_0$  – величина параметра, соответствующая нулевому уровню.

В качестве нулевого уровня ( $i = 0$ ) и последнего уровня ( $i = k$ ) выбираются соответственно наименьшее и наибольшее значение  $x$ , при которых получены одни «+» или «-». Соответственно, если знак «+», то в формуле (9) перед  $\frac{1}{2}$  берется плюс, а если «-» то соответственно минус перед  $\frac{1}{2}$ .

Оценку среднеквадратичного отклонения параметра  $x$ - $S$  вычисляют по формуле:

$$S = 1.62d \left[ \frac{NB - A^2}{N^2} + 0.029 \right], \quad (10)$$

где  $A = \sum_{i=0}^k in_i$ ;  $B = \sum_{i=0}^k i^2 n_i$

Полученный результат можно считать достоверным, если выполняется условие:

$$0.5 < \frac{1}{1.62 \left[ \frac{NB - A^2}{N^2} + 0.029 \right]} < 2 \quad (11)$$

Таким образом, в результате проведения серии экспериментов методом «вверх-вниз» получают следующие количественные показатели:

- величину  $x_{50}$ ;
- предельную величину  $x_{пр}$ ;
- величины  $x_{95}$  и  $x_5$ , соответствующие 95% и 5% вероятности получения результата при определении параметра  $x$ .

Величина  $x_{пр}$  определяется по формуле:

$$x_{пр} = x_{50} \exp[-4,514S] \quad (12)$$

На основании данных, полученных методом «вверх-вниз», можно рассчитать величины  $x_{95}$  и  $x_5$  испытуемых ВМ. Данные «процентные» точки определяются по формулам:

$$\lg x_5 = \lg x_{50} + \psi(P)S, \quad (13)$$

$$\lg x_{95} = \lg x_{50} + \psi(P)S, \quad (14)$$

где  $S$  - определяется по формуле (10),

$\psi(P)$  – квантиль интеграла вероятности:

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx;$$

$$\psi(P = 0,05) = -1,64;$$

$$\psi(P = 0,95) = 1,64.$$

### ***Обеспечение безопасности при проведении испытаний***

Специфические особенности взрывчатых материалов (ВМ) требуют аккуратного обращения со взрывчатыми веществами (ВВ) и со средствами инициирования (СИ). Кроме того, при выполнении лабораторных работ приходится в различных условиях вызывать горение или взрыв определенных количеств ВВ. Для того, чтобы эти явления при испытаниях ВВ не привели к несчастному случаю, необходимо при каждом опыте соблюдать определенные меры предосторожности и применять защитные приспособления, исключая возможность поражения ударной волной либо осколками как самого преподавателя, лаборантов, так и студентов.

При лабораторных работах приходится проводить с ВВ много операций, при которых взрыв или вспышка не являются целью работы, но они могут возникнуть из-за неосторожности либо ошибки экспериментатора, незнанию свойств исследуемых веществ или нарушения установленных правил обращения с ВВ и СИ. Поэтому необходимо исключить опасность несчастного случая при проведении лабораторных работ с ВМ студентами. Для этого разработаны и утверждены специальные инструкции по охране труда и технике безопасности при проведении лабораторных работ в процессе испытаний ВМ.

Студенты должны знать, что работы со взрывчатыми материалами являются взрыво-пожароопасными и связаны с вредными условиями труда. Поэтому несоблюдение инструкций по технике безопасности может привести к несчастному случаю. Выполнению лабораторной работы обязательно предшествует опрос студента с целью определения знаний методики ее выполнения и соответствующих параграфов «Единых правил безопасности при взрывных работах» (ЕПБ). Заведующий лабораторией ВР или руководитель работы (преподаватель) проводит инструктаж лиц, выполняющих лабораторные работы с записью в журнале инструктажа с росписями инструктируемых и инструктирующего. Студенты, не подготовленные к выполнению работы и не прошедшие инструктаж, к практическому занятию с ВМ не допускаются.

Перед началом выполнения лабораторных работ необходимо привести рабочее место в безопасное состояние, для чего необходимо:

- с распределителя включить и проверить напряжение в электросети;
- включить вентилятор, проверить вентиляцию взрывной камеры и проверить помещение, в котором намечено проводить лабораторные работы, зашторив в нем все окна;
- проверить исправность освещения, телефонной связи;
- проверить исправность оборудования, стендов, правильность показаний приборов и аппаратуры;
- опробовать световую и звуковую сигнализации;
- проверить наличие средств индивидуальной защиты, целостность заземлений, взрывных и блокировочных линий;
- проверить наличие и исправность средств пожаротушения;
- на рабочих местах убрать посторонние предметы, которые не связаны с выполнением лабораторной работы;
- на входе в лабораторию ВР установить предупредительный транспарант «СТОЙ. Идут взрывные работы».

Во время выполнения лабораторных работ необходимо строго придерживаться методики ее выполнения. При работе с ВМ должна соблюдаться максимальная осторожность: ВМ не должен подвергаться ударам, толчкам, наколам, трению и др. видам механических воздействий. На местах работы с ВМ не допускается открытого пламени, нельзя их класть на отопительную систему. Получение ВМ со склада или раздаточного пункта и доставка его на рабочие места должна проходить в строгом соответствии с требованиями ЕПБ при ВР. При этом переноска ВВ должна осуществляться в специальных сумках, допущенных для этих целей, а средства инициирования в специальных чемоданчиках с металлической сеткой (экраном). В процессе получения и доставки ЭД на местах работ, их выводные провода должны быть коротко замкнуты. В процессе выполнения намеченных работ с ВВ и ЭД студентам запрещается пользоваться мобильными телефонами, иметь при себе спички и другие зажигательные, а также курительные принадлежности. Как исключение, спички или иные зажигательные принадлежности разрешается иметь только мастерам-взрывникам (лаборантам) и другим лицам, которые в процессе работы или испытания непосредственно зажигают огнепроводный шнур. Подготовка патронов-боевиков происходит в специально отведенном месте в присутствии руководителя работы под его надзором, при этом запрещается тянуть за провода электродетонаторов, т.е. пытаться вытаскивать таким образом ЭД из патрона. Взрывание зарядов ВВ и ЭД, ДШ проводят во взрывной камере лаборатории БВР с соблюдением требований инструкций по ТБ.

По окончании лабораторных работ или испытаний ВМ лица их проводившие, должны убрать рабочие места и привести их в безопасное состояние. При этом сметки или остатки ВВ, непригодные средства инициирования подлежат уничтожению в установленном порядке. Уничтожение ВМ взрыванием разрешается, если есть уверенность в том, что ЭД, КД, ДШ, ВВ не потеряли свои взрывчатые свойства и способны детонировать. Если ДШ и ВВ не способны детонировать, то разрешается их уничтожение сжиганием. При

этом категорически запрещается уничтожать таким образом КД и ЭД. Поэтому перед сжиганием ВВ, ДШ, а также ОШ необходимо проверить, чтобы в них не было детонаторов. Количество сжигаемого ВМ не должно быть больше разрешаемого количества взрывающего ВВ во взрывной камере лаборатории ВР. При сжигании выполняются те же требования безопасности, что и при взрывании зарядов ВВ во взрывной камере. Неводоустойчивые аммиачно-селитренные ВВ уничтожаются растворением в воде. Лучше всего растворять ВВ в теплой воде. Полученный раствор необходимо отстоять в течение 20...30 мин., затем отстоянную воду осторожно сливают в канализацию, а твердый осадок собирают и уничтожают сжиганием.

Студенты по окончании работ должны помыть руки в теплой воде с мылом и привести свою одежду в порядок.

### **Ведение лабораторного журнала**

Ход и результаты каждой работы должны быть подробно записаны в лабораторном журнале (тетради) исполнителя. Правильное ведение лабораторного журнала – неременное условие успеха любого экспериментального исследования; этой стороне работы необходимо поэтому уделить самое серьезное внимание.

Каждый исполнитель ведет отдельный журнал в форме личного рабочего дневника, начиная ежедневно запись с указания даты выполнения работы. Страницы лабораторного журнала должны быть пронумерованы. Как правило, во время работы записи ведут на одной стороне листа, оставляя в журнале достаточно места для последующих расчетов и других необходимых дополнений.

Крайне важно приучить себя систематически и достаточно подробно записывать в журнал непосредственно на рабочем месте и в процессе выполнения работ все исходные данные (веса, размеры, объемы, условия опытов, режимы работы приборов и т.д.), наблюдения, сделанные в ходе эксперимента, и его результаты. Во избежание досадных ошибок, способных подчас обесценить результаты большой работы, нельзя полагаться на память. Совершенно недопустимо также предварительно записывать что-либо относящееся к экспериментальной работе на отдельных листках, с тем чтобы потом переписать в журнал. Лабораторный журнал – единственный первичный документ экспериментальной работы. Как правило, даже документы, записываемые приборами (фотографии, осциллограммы, кривые самописцев и др.), совершенно обесцениваются, если условия их получения недостаточно полно фиксированы в журнале. Не беда, если в журнале, заполняемом прямо на рабочем месте, появятся кое-где пятна, но не должно быть ни каких поправок или подчисток. Если обнаружена ошибка, нужно зачеркнуть написанное, но так, чтобы его по-прежнему можно было прочесть, и рядом написать правильные данные с указанием, когда это возможно, источника или причины ошибки и того, на каком основании внесено исправление.

Когда по экспериментальным данным ведут какой-либо расчет, то

нужно записывать в журнал все промежуточные выкладки, а главное – все исходные для расчета результаты измерений или наблюдений. Если последние записаны, то ошибку, вкраившуюся в вычисления, всегда можно найти и исправить. Никогда, не исправляйте задним числом записи непосредственных результатов измерения (опыта). Если в правильности их возникло сомнение, нужно повторить опыт заново.

Часто экспериментатор записывает в журнал лишь те данные, которые нужны для получения результата, представляющегося в данный момент единственной целью постановки опыта. Позднее он горько пожалеет, что не описал подробно наблюдения, сделанные попутно, или некоторые данные об условиях опытов, которые в первый момент казались несущественными. Так, например, в серии опытов по изучению вспышки ВВ были записаны только сведения о температуре и задержке вспышки. Позднее почти всю серию пришлось повторить, так как полученные результаты нельзя было объяснить, не учитывая характер вспышки, наблюдения за которыми во время каждого опыта не были записаны. Другой пример: при исследовании влияния диаметра заряда на некоторые характеристики взрывного превращения, записывали только внутренний диаметр трубок, служивших оболочкой. Много позднее было установлено, что на результаты опытов существенно влияет толщина оболочки. Серию опытов пришлось повторять только потому, что не были записаны нужные диаметры. А сколько бывает таких случаев, когда повторить опыт нельзя? В этих случаях все данные и наблюдения, которые не были своевременно и полно записаны, пропадают бесследно и безвозвратно и труд экспериментатора, а иногда и большого коллектива оказывается затраченным впустую.

Во время работы нужно записать все сведения об условиях и результатах опытов, в том числе и такие, которые в данный момент кажутся очевидными и несущественными. Так же подробно нужно описывать все наблюдения, даже те, которые приходится выражать не числом или мерой, а лишь субъективным впечатлением (характер звука, окраска пламени, изменение цвета вещества или газов над ним и т.п.).

К лабораторному журналу нередко приходится, особенно при исследовательской работе, возвращаться спустя много времени после выполнения опытов. Чтобы избежать серьезных ошибок при такой позднейшей обработке, следует при заполнении журнала четко разграничивать достоверные фактические данные опытов (с указанием всегда, когда возможно, степени их точности или возможной ошибки) от результатов их первичной обработки, наблюдений, предложений или соображений автора.

## ЧАСТЬ I

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ИСПЫТАНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ И МЕТОДИКА ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

## Глава 1. Изучение промышленных взрывчатых веществ

### Лабораторная работы № 1

Тема: **Изучение свойств промышленных ВВ и их классификации.**

Цель работы: изучить свойства и ассортимент современных промышленных ВВ, применяемых в Украине, положение раздела ЕПБ в части требования к ВВ и их классификацию по условиям применения, § 11.\*

### Порядок выполнения работы

Студенты изучают перечень допущенных к применению и производству промышленных ВВ для осуществления взрывных работ в промышленности Украины, согласно постановлению КМ Украины от 13.06.00 г. № 941 (Приложение Б). По макетам, установленным в помещении лаборатории ВР, плакатам, ГОСТам и ТУ изучают свойства и область применения промышленных ВВ. Самостоятельно определяют область применения промышленных ВВ, классифицируют их отдельно – ВВ для открытых работ и для подземных условий, а ВВ допущенные к применению в подземных условиях на предохранительные и не предохранительные. В результате определяют класс ВВ, их виды и типы, входящие в этот класс. Полученные результаты работы заносят в табл. 1.1 для ВВ I и II класса и табл. 1.2 для ВВ III – VII классов.

Таблица 1.1

### Промышленные ВВ I и II класса

| Наименование ВВ | Класс ВВ | Цвет отличительной полосы | Вид ВВ | Параметры патронированного ВВ |             |           | Параметры непатронированного ВВ     |                         | Фугасность в бомбе Трауцля, см <sup>3</sup> | Бризантность (метод Гесса), мм | Условия применения |
|-----------------|----------|---------------------------|--------|-------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------------|-------------------------|---|--------------------------------|--------------------|
|                 |          |                           |        | масса патрона, г              | диаметр, мм | длина, мм | плотность заряда, г/см <sup>3</sup> | критический диаметр, мм |   |                                |                    |
| 1               | 2        | 3                         | 4      | 5                             | 6           | 7         | 8                                   | 9                       | 10  | 11                             | 12                 |
|                 |          |                           |        |                               |             |           |                                     |                         |   |                                |                    |

\* Здесь и везде по тексту ссылки даны на следующее издание: К. - Норматив, 1992. – 171 с.

## Промышленные ВВ III и VII классов

| Наименование ВВ | Класс ВВ | Цвет отличительной полосы | Вид ВВ | Параметры патронированного ВВ |             |           | Уровень предохранительных свойств    |  | Фугасность в бомбе Трауцля, см <sup>3</sup> | Бризантность (метод Гесса), мм | Условия применения |
|-----------------|----------|---------------------------|--------|-------------------------------|-------------|-----------|--------------------------------------|--|---|--------------------------------|--------------------|
|                 |          |                           |        | масса патрона, г              | диаметр, мм | длина, мм | масса пред. заряда в кан. мортире, г | масса пред. заряда в уголк. мортире, г |   |                                |                    |
| 1               | 2        | 3                         | 4      | 5                             | 6           | 7         | 8                                    | 9                                      | 10  | 11                             | 12                 |
|                 |          |                           |        |                               |             |           |                                      |  |   |                                |                    |

Изучая патронирование ВВ, студенты определяют надписи на оболочке патрона и подробно дают их описание в отчете по работе.

При подготовке к работе студенты должны изучить ЕПБ, 11...15; Уч. 4, 4.1...4.7, С. 342-365, а также ознакомится с литературой: Поздняков З.Г., Росси Б. Д. Справочник по промышленным ВВ и СВ. - М.: Недра, 1977. - 255 с.

## Глава 2. Определение физико-химических характеристик взрывчатых веществ

### Лабораторная работа № 2

**Тема: Проведение испытаний по определению содержания влаги, приходящейся на 100 г ВВ.**

Цель работы: научить студентов проводить испытания при определении физико-химических характеристик промышленных ВВ.

В соответствии ЕПБ, 7 все ВМ должны подвергаться испытаниям с целью определения их пригодности для хранения и применения при взрывных работах. Физико-химические характеристики промышленных ВВ в совокупности определяют стабильность состава и взрывчатых свойств, надежность и безопасность его применения. В данной работе студенты определяют содержание влаги в ВВ по ГОСТ 14839.12-69 и массы ВВ, бумаги и влагоизолирующей смеси, приходящейся на 100 г ВВ по ГОСТ 14839.14-69.

### Порядок выполнения работы.

На выбор преподавателя данная лабораторная работа проводится с одним из аммиачно-селитренных патронированных ВВ предохранительного или не предохранительного типа. Лучше всего проводить работу с патронированным ВВ IV класса – аммонитом Т-19 или аммонитами Ф-5, Г5.

Определение содержания влаги в ВВ, не содержащих нитроэфир, проводят с помощью сушильных шкафов.

Для проведения испытаний должны применяться следующие приборы и посуда:

- стаканчики для взвешивания (бюксы) по ГОСТ 7148-54 диаметром  $65 \pm 2,5$  мм и высотой  $30 \pm 1,5$  мм или алюминиевые штампованные стаканчики тех же размеров;

- шкафы сушильные лабораторные по ГОСТ 7365-55 или другие, обеспечивающие температуру сушки, установленную стандартом;

- эксикатор по ГОСТ 6371-64 со свежепрокаленным хлористым кальцием по ГОСТ 4141-66 или ГГСТ 4161-67.

Пробы ВВ массой  $S_r$  помещают ровным слоем в предварительно взвешенный сухой стаканчик и взвешивают с точностью до 0,0002 г.

Навеску ВВ в бюксе помещают в сушильный шкаф и сушат при температуре  $60 \dots 65^\circ\text{C}$  в течение 4 часов. Навеску ВВ, не содержащую нитросоединения, - при температуре  $90 \dots 100^\circ\text{C}$  в течение 1 ч. 30 мин. По окончании сушки стаканчик закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе в течение не менее 30 мин. и взвешивают. Содержание влаги в процентах (x) вычисляют по формуле:

$$x = \frac{G_1 - G_2}{G} \cdot 100, \%, \quad (2.1)$$

где G – навеска ВВ, г;

$G_1$  – масса стаканчика с ВВ до сушки, г;

$G_2$  – масса стаканчика с ВВ после сушки, г.

Производят три параллельных определения, из результатов которых вычисляют среднее арифметическое значение и доверительный интервал, округленные до 0,001%. Верхняя доверительная граница среднего значения x не должна превышать для аммиачно-селитренных ВВ значения 0,5%. Все полученные результаты и вычисления заносятся в рабочий журнал.

### Лабораторная работа № 3

#### Тема: **Определение водостойчивости ВВ.**

Цель работы: показать студентам, что промышленные ВВ обладают способностью в течение определенного времени противостоять проникновению в их заряды воды.

На взрывных работах горные породы нередко бывают обводнены, и заряды ВВ, состоящие из патронов или сформированные россыпью, частично или полностью находятся непосредственно в воде. В таких случаях требуются водостойчивые ВВ, которые способны в течение необходимого времени противостоять проникновению в заряд воды или устойчиво детонировать в этих условиях.

Водоустойчивость является важной эксплуатационной характеристикой ВВ, оказывающей влияние на практические результаты взрывания.

По степени водоустойчивости большинство патронированных ВВ должно удовлетворять условиям методики испытаний, которым их подвергают. Патроны после выдержки в воде в течение часа - (аммониты) или полчаса - (углениты) в вертикальном положении на глубине 1 м должны детонировать от капсюля детонатора № 8 и передавать детонацию от патрона к патрону через воздух на расстояние не менее 2 см. Вместе с тем этот метод испытаний на водоустойчивость достаточно тесно связан с методом определения способности патронов ВВ к передаче детонации на расстояние (ГОСТ 14839.15-69). Поэтому считается, что довольно точную количественную оценку водоустойчивости порошкообразных ВВ можно дать с помощью гидродинамического прибора; показателем степени водоустойчивости служит величина давления столба воды в измерительной трубке, которому способен противостоять слой испытуемого ВВ толщиной 10 мм. Поэтому непатронированные порошкообразные ВВ испытываются на гидродинамическом приборе по ГОСТ 14839.13-69. Несколько иначе обстоит дело, если оценивать степень водоустойчивости гранулированных ВВ. В этом случае её определяют, например, при испытании граммонитов путем прямого их растворения в воде в соответствии с п. 5.6. ГОСТ 21988-76.

#### Порядок выполнения работы.

Руководитель работы (преподаватель) знакомит студентов с гидродинамическим прибором, устройство которого приведено на рис. 2.1. Непатронированное порошкообразное промышленное ВВ аммонит 6ЖВ подвергается испытанию на водоустойчивость этим методом. Для чего прибор и ВВ подготавливаются к испытанию.

#### Подготовка к испытанию

Перед началом испытания проверяют константу прибора. Константой прибора служит постоянная скорость подъема воды в барометрической трубке, равная  $20 \pm 2$  см/мин. Указанную скорость подъема воды в барометрической трубке прибора создают при помощи воды, находящейся в сосуде 7 под постоянным давлением.

Проверку константы прибора производят следующим образом: при помощи спускового крана 2 устанавливают в барометрической трубке 1 уровень воды ниже нулевого деления на 3-5 см, поворотом на  $45^\circ$  трехходового крана 3 из нейтрального положения сборку отключают и барометрическую трубку соединяют с сосудом; в момент прохождения уровня воды в барометрической трубке через нулевое деление включают секундомер и проверяют скорость подъема воды.

Прибор проверяют не менее двух раз на высоте трубки от 0 до 20 см.

Нулевой точкой считают нижний уровень слоя взрывчатого вещества в приборе, совпадающий с нулем в барометрической трубке.

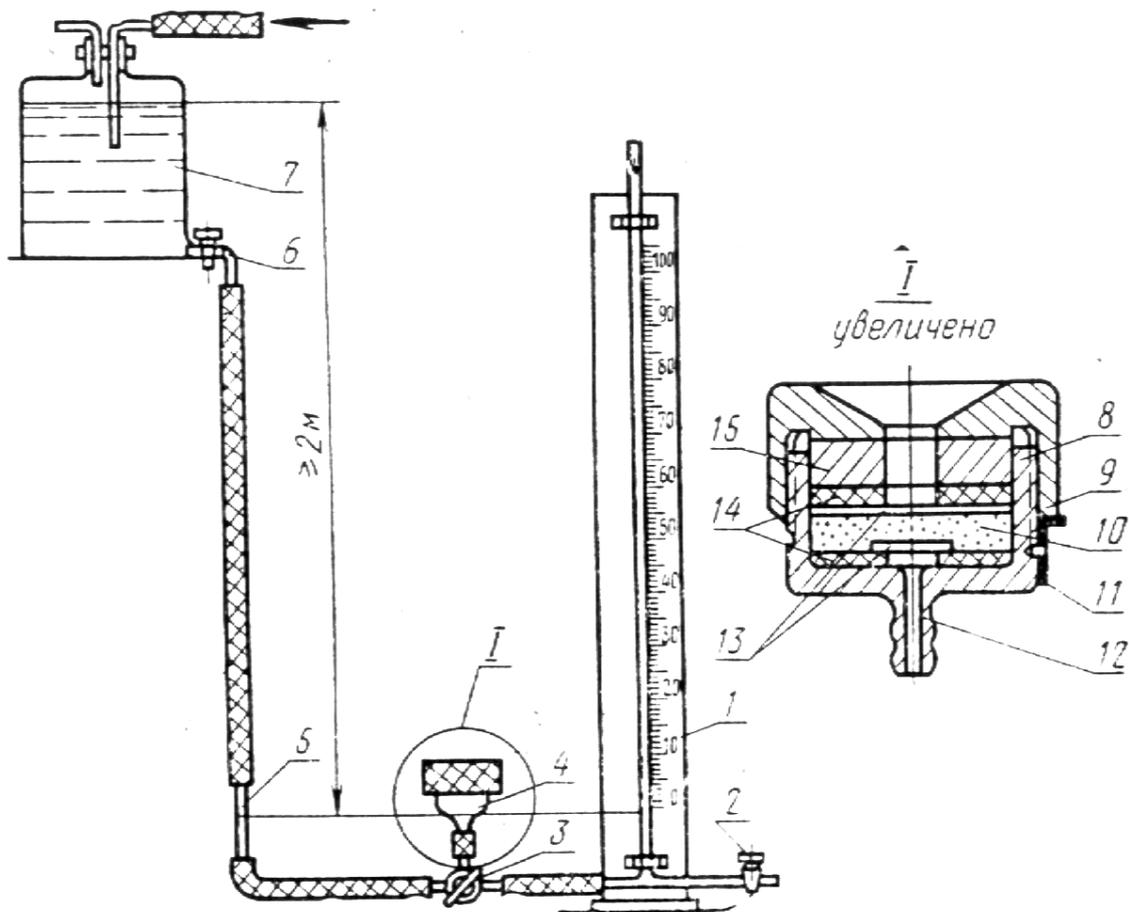


Рис. 2.1. Прибор гидродинамический

1 - барометрическая трубка; 2 - спусковой кран; 3 - трехходовой кран; 4 - сборка; 5 - капиллярная трубка; 6 - регулировочный кран; 7 - напорный сосуд; 8 - корпус; 9 - крышка-гайка; 10 - взрывчатое вещество; 11 - ограничитель; 12 - патрубок; 13 - кружки фильтровальной бумаги; 14 - резиновые уплотняющие кольца; 15 - металлическое прижимное кольцо.

Скорость подъема воды регулируют при помощи регулировочного крана 6 и подбором капиллярной трубки 5. Температура воды на входе в сборку 4 должна быть  $20 \pm 4^\circ\text{C}$ ; для этого допускается установка охлаждающего устройства перед сборкой.

На штуцер плотно укладывают резиновую уплотняющую прокладку 14, внутреннее отверстие которой закрывают кружком фильтровальной бумаги 13 диаметром 20 мм.

Отобранную пробу взрывчатого вещества в количестве 100 г просеивают через шелковое сито № 15. Оставшиеся на сите комочки и крупные зерна растирают в несколько приемов до тех пор, пока вся проба не пройдет через сито, после чего пробу тщательно перемешивают. 10 г просеянного взрывчатого вещества 10 с влажностью, удовлетворяющей техническим требованиям на данное взрывчатое вещество, взвешивают с точностью до 0,01 г и помещают в сборку, равномерно распределяя при помощи легкой тряски и

резиновой пробки по всему сечению дна сборки. Сверху на взрывчатое вещество укладывают кружок фильтровальной бумаги диаметром 38 мм, уплотняющую резиновую прокладку, металлическую прижимную прокладку 15 и навинчивают крышку-гайку 9 на корпус сборки до упора в ограничитель 11, который заранее устанавливают так, чтобы слой взрывчатого вещества, зажатый между резиновыми прокладками, имел плотность  $1,0 \pm 0,05 \text{ г/см}^3$ .

### Проведение испытания

Критерием оценки водоустойчивости на гидродинамическом приборе служит максимальная высота столба воды в барометрической трубке прибора, соответствующая моменту появления влажного пятна на поверхности фильтровальной бумаги, покрывающей взрывчатое вещество.

Подготовленную сборку подключают через патрубок 12 к прибору и при помощи спускового крана устанавливают нулевое положение уровня в барометрической трубке. Поворотом трехходового крана на  $45^\circ$  из нейтрального положения в рабочую сборку и барометрическую трубку сообщают с источником постоянного напора воды и наблюдают за поверхностью фильтровальной бумаги, покрывающей взрывчатое вещество. В момент появления влажного пятна поворотом трехходового крана на  $45^\circ$  отключают поступление воды в сборку и барометрическую трубку, одновременно снимая с последней показания высоты столба воды в сантиметрах, являющейся показателем степени водоустойчивости испытуемого образца.

Для каждого образца производят 3...5 определений, по результатам которых вычисляют среднее арифметическое, округляемое до 1 см.

Расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 3 см.

Степень водоустойчивости гранулированных ВВ определяют по содержанию аммиачной селитры в растворе после выдержки 100 г граммонита в 150 мл воды в течение 4 часов. Для этого 100 г продукта, взвешенного с погрешностью не более 1 г, помещают в колбу, добавляют 150 мл дистиллированной воды, имеющей комнатную температуру, и выдерживают в течение 4 часов. Образовавшийся при выдержке раствор селитры в результате растворения гранул ВВ сливают в мерный цилиндр. Объем в колбе выдерживают до тех пор, пока температура его не достигнет  $20^0$ . Затем в мерный цилиндр помещают ареометр и измеряют плотность раствора селитры. По определенной плотности раствора вычисляют процентное содержание аммиачной селитры в растворе по формуле:

$$C_C = \frac{\rho_p - 0,9968}{4,573 \cdot 10^{-3}}, \%, \quad (2.2)$$

где  $C_C$  – концентрация селитры в растворе в %;  
 $\rho_p$  – плотность раствора селитры в  $\text{г/см}^3$ .

Водоустойчивость по содержанию аммиачной селитры в процентах от первоначального его количества в ВВ (В) определяют по формуле:

$$B = \frac{V_p \cdot \rho_p \cdot C_c}{G}, \%, \quad (2.3)$$

где  $V_p$  – объем раствора селитры в  $\text{см}^3$ ;  
 $G$  – масса образца ВВ в г.

При испытании ВВ проводят 3 определения, по которым вычисляют среднее значение показателя водоустойчивости и его доверительные границы.

Водоустойчивость аммонита 6ЖВ по гидродинамическому прибору должна быть не менее 30 см, а водоустойчивость граммонита 50/50-В не более 10%. Все результаты испытаний и расчеты заносятся в рабочий журнал и оформляются надлежащим образом.

#### Лабораторная работа № 4

**Тема: Определение массы ВВ в патроне, а также массы бумаги и влагоизолирующей смеси, входящих в 100 г ВВ.**

Цель работы: научить студентов проводить испытания при определении общих физических характеристик промышленных ВВ.

#### Порядок выполнения работы

Определение массы ВВ, массы бумаги и влагоизолирующей смеси, входящей в 100 г взрывчатого вещества производят следующим образом. По указанию руководителя работы (преподавателя) из пачки аммиачно-селитренных ВВ (аммонит Т-19, Ф-5, Г5) отбирают пробу с точностью до 0,1 г. Взрывчатое вещество аккуратно высыпают из патрона и взвешивают гильзу с точностью до 0,1 г. Разность между массой каждого патрона и массой его гильзы составляет массу ВВ в патроне.

Гильзу осторожно разворачивают и стороной чистой от влагоизолирующего покрытия кладут на чистый лист бумаги. Контуры косынки аккуратно обводят карандашом и делают ее выкройку, которую затем накладывают на лист патронированной бумаги, идущей для изготовления оболочки патронов аммонитов (бумага ГОСТ 6662-73) и вырезают. Массу влагоизолирующего покрытия определяют по разности масс гильзы и бумажной выкройкой для гильзы из чистой бумаги. Просчет результатов испытания производят по следующим формулам.

Массу ВВ в патроне  $m_{ВВ}$  в граммах вычисляют по формуле:

$$m_{ВВ} = G - G_1, \text{ г}, \quad (2.4)$$

где  $G$  – масса патрона, г;

$G_1$  – масса гильзы, покрытой влагоизолирующей смесью, г.

Массу бумаги ( $m_B$ ) в граммах, приходящуюся на 100г ВВ, вычисляют по формуле:

$$m_g = \frac{G_2}{m_{BB}} \cdot 100, g, \quad (2.5)$$

где  $G_2$  – масса чистой бумаги гильзы в г, определяемой выкройкой гильзы патрона.

Массу влагоизолирующей смеси ( $m_B$ ) в граммах, приходящуюся на 100 г ВВ, вычисляют по формуле:

$$m_g = \frac{G_1 - G_2}{m_{BB}} \cdot 100, g, \quad (2.6)$$

Производят три параллельных определения и вычисляют среднее арифметическое и его доверительные границы с точностью до 0,1 г. Для аммонитов IV класса масса ВВ в патроне должна соответствовать значению  $300 \pm 15$  г, масса влагоизолирующего покрытия на патроне должна составлять не более 2,5 г и не менее 1,3 на 100 г ВВ. Масса чистой бумаги на 100 г ВВ не должна быть более 3 г.

Студенты по окончании работы все результаты испытаний и вычислений заносят в рабочий журнал. Необходимо знать ЕПБ, § 4-7.

#### Лабораторная работа № 5

**Тема: Определение гранулометрического состава ВВ.**

Цель работы: научить студентов проводить испытания по контролю состава ВВ.

В данной работе студенты определяют гранулометрический состав гранулированных ВВ по ГОСТ 14839.17-69.

#### Порядок выполнения работы

Метод определения гранулометрического состава ВВ необходим для контроля состава гранулированных ВВ. Для проведения испытаний применяются сита с сетками № 4 и № 09 по ГОСТ 3826-66; диаметр сита 200 мм. Просеивание ВВ производят вручную на каждом сите. Для этого взвешивают 500 г ВВ с точностью до 0,5 г, просеивают в течении 2 мин. на сите путем плавных их качений. Остаток на каждом сите взвешивают. При вычислении в процентах остатка на мелком сите массу последнего учитывают суммарно с массой остатка на крупном сите. Остаток на каждом сите (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$x = \frac{G_1}{G} \cdot 100, \%, \quad (2.7)$$

где  $G$  – навеска ВВ, г;

$G_1$  – остаток на соответствующем сите, г.

Производят три параллельных определения, из которых вычисляют среднее арифметическое и доверительные границы его значения.

Поскольку основой большинства гранулированных промышленных ВВ является аммиачная селитра по ГОСТ 2-85, то для проведения работы используют данную гранулированную аммиачную селитру. Её гранулометрический состав – остаток на сите с ячейками размером 4,0 мм (№ 4) должен быть не более 4%, а на сите № 09 – 0,9 мм не менее 85%. Результаты испытаний и расчеты заносятся в рабочий журнал.

### Лабораторная работа № 6

**Тема: Определение плотности ВВ в патроне.**

Цель работы: Научить студентов проводить испытания по контролю плотности патронов ВВ.

В данной работе студенты определяют плотность ВВ в патроне по ГОСТ 14839.18-69.

#### Порядок выполнения работы

Определение плотности ВВ в патроне гидростатическим взвешиванием составляет суть метода определения плотности.

При проведении испытания патрон ВВ взвешивают с точностью до 0,1 г и погружают его в мерный цилиндр по ГОСТ 1770-64 с водой и замеряют объем ( $V_1$ ) вытесненной патроном воды.

Плотность ( $\rho$ ) в г/см<sup>3</sup> вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{G_1}{V_1}, \text{ г/см}^3, \quad (2.8)$$

где  $G_1$  – масса патрона, г.

Плотность определяют на четырех патронах, по результатам вычисляют среднее арифметическое и доверительные границы, значения которых округляют до 0,01 г/см<sup>3</sup>. Плотность аммиачно-селитренных ВВ в патронах составляет 1,05-1,20 г/см<sup>3</sup>, угленитов 1,15-1,35 г/см<sup>3</sup>. Результаты испытаний ВВ и расчеты заносятся в рабочий журнал.

## Лабораторная работа № 7

Тема: **Проведение испытаний по определению диаметра патрона.**

Цель работы: научить студентов проводить испытания при определении этого важнейшего показателя физико-химических характеристик промышленных ВВ.

В данной работе студенты определяют диаметр патронов ВВ по ГОСТ 14839.16-69.

### Порядок выполнения работы

Патронированные промышленные ВВ испытываются на контроль диаметра патрона при помощи колец. Руководитель работы отбирает от партии патронированных ВВ не менее 10 патронов. Их диаметр определяют при помощи проходного и непроходного колец, изготовленных по чертежам предприятия изготовителя ВВ, утвержденных в установленном порядке в соответствии с таб. 2.1.

Таблица 2.1

Стандартные размеры колец для определения диаметра патрона ВВ

| Диаметр патрона D,<br>Мм | Внутренний диаметр колец d A <sub>8</sub> , мм |              |
|--------------------------|--|--------------|
|                          | проходного                                     | Непроходного |
| 23...24                  | 25   | 22           |
| 27...28                  | 29   | 26           |
| 31...32                  | 33   | 30           |
| 36...37                  | 38   | 35           |
| 39...41                  | 42   | 38           |
| 59...61                  | 62   | 58           |
| 88...92                  | 93   | 87           |

Диаметр патронов промышленных ВВ 36 мм контролируют с помощью проходного кольца (38 мм) и непроходного кольца (35 мм). Для этого необходимо на патрон ВВ без усилия одевать кольцо с проходным диаметром, которое под собственным весом должно пройти по всей длине патрона. При этом проход патронов через кольцо должен быть у всех патронов, тогда как через непроходное кольцо не должен проходить ни один из патронов выборки.

Диаметр шашек прессованных промышленных ВВ измеряют штангельциркулем по ГОСТ 166-63. При этом замеряют диаметр шашек в диаметрально противоположных направлениях в трех частях. Среднее значение диаметра вычисляют по результатам шести измерений, его значение не должно быть менее 35 мм для шашек диаметром 36 мм и 44 мм для шашек диаметром 45 мм. Результаты испытаний студенты заносят в рабочий журнал.

### Глава 3. Определение взрыво-технических показателей качества взрывчатых веществ

#### Лабораторная работы № 8

Тема: **Изготовление патронов-боевиков.**

Цель работы: научиться изготавливать патрон-боевик при электрическом, огневом взрывании и взрывании ВВ с применением детонирующего шнура.

В соответствии с п. 9 раздела I ЕПБ при взрывных работах могут быть использованы способы взрывания с применением: электродетонаторов; капсулей детонаторов и огнепроводного шнура; детонирующего шнура. В последние годы получил распространение способ неэлектрического взрывания, получивший название «Нонель».

Каждый вид взрывания предусматривает изготовление боевиков для инициирования заряда. Требования «ЕПБ при ВР» к изготовлению боевиков изложены в п. 10 раздела I.

Порядок выполнения работы.

На рис. 3.1, 3.2 и 3.3 показаны способы изготовления патронов-боевиков при электрическом огневом, взрывании, а также при взрывании с помощью детонирующего шнура. Студенты знакомятся с последовательностью операций при изготовлении боевика на демонстрационном листе. Затем используют макеты ВМ для получения навыков при изготовлении боевиков.

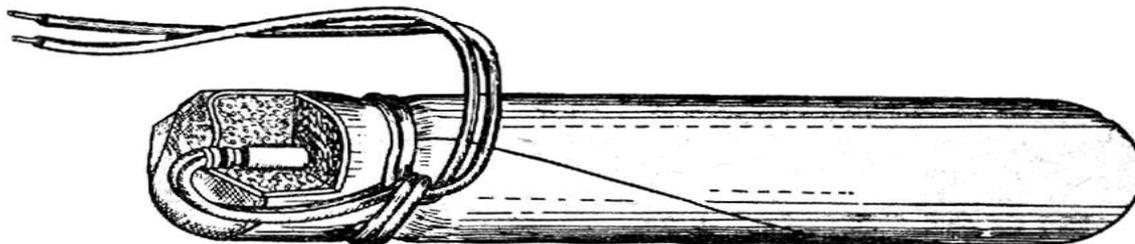


Рис. 3.1. Патрон-боевик

Боевики должны изготавливаться на местах производства работ или в других местах установленных руководителем работы (преподавателем). Под его наблюдением студенты изготавливают патрон-боевик во взрывной камере. При этом детонатор должен вводиться в патрон-боевик на полную глубину и надежно фиксироваться. Для образования углубления в патроне, используют иглы (наколки) из материалов, не дающих искр и не корродирующих от взаимодействия с ВВ. При изготовлении боевиков из порошкообразных патронированных ВВ с применением ДШ его конец в патроне должен завязываться узлом или складываться не менее, чем вдвое; разрешается обматывать ДШ вокруг патрона ВВ или шашки промежуточного детонатора. Существует ряд особенностей при изготовлении боевиков при различных способах взрывания.

В случае электрического способа взрывания крепление электродетона-

тора в патроне ВВ производят петель из детонаторных электрических проводов, которую набрасывают через конец патрона и туго стягивают (см. рис. 3.1).

При огневом взрывании необходимо правильно изготовить зажигательную трубку из отрезка ОШ и КД № 8. Закрепление ОШ в КД с металлической гильзой должно проводиться путем равномерного обжатия края гильзы у дульца при помощи специального прибора. Закрепление ОШ в бумажных гильзах КД необходимо проводить с применением предназначенных для этих целей приборов или путем обматывания конца ОШ прорезиненной лентой до размеров внутреннего диаметра КД с последующим прямым вводом его в дульце КД или затягиванием ниткой (шпагатом) дульца гильзы детонатора.

Последовательность изготовления патрона-боевика при огневом взрывании показана на рис. 3.2.

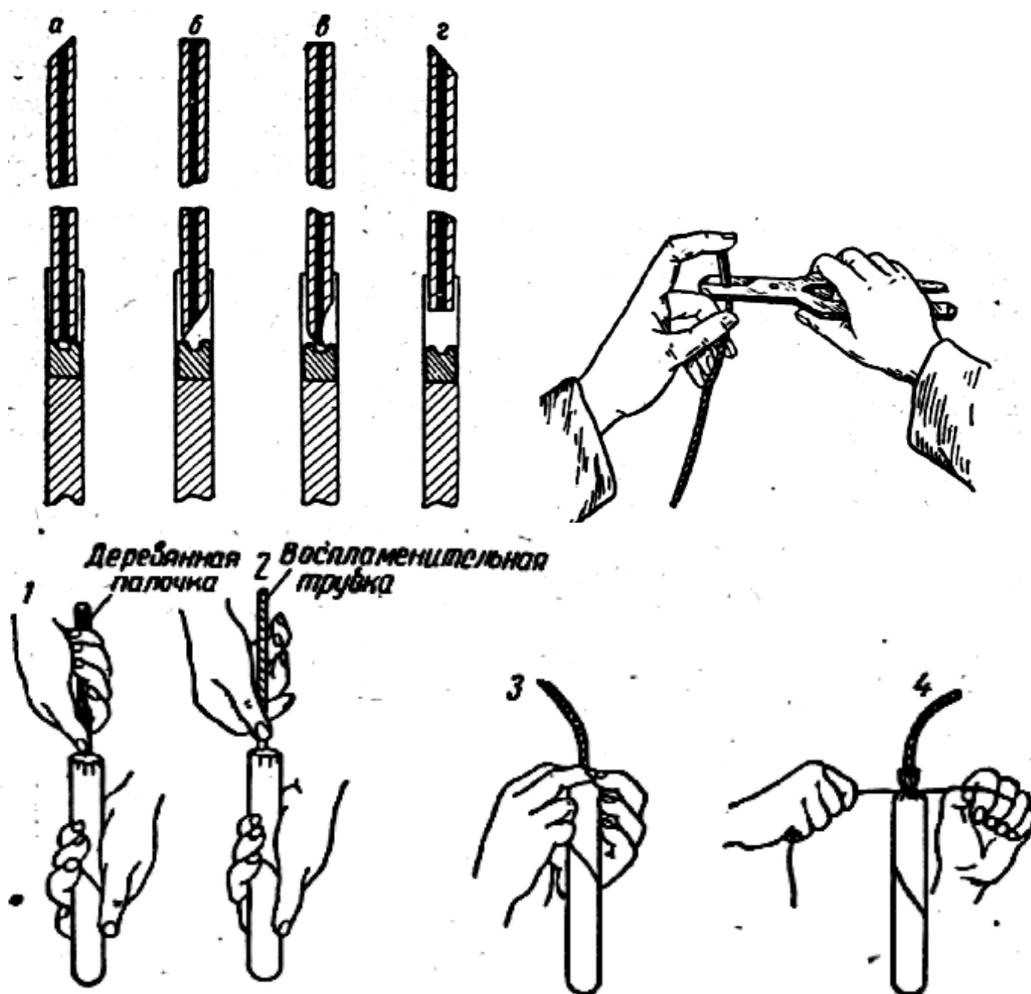


Рис. 3.2. Последовательность изготовления патрона-боевика при огневом взрывании

а – правильная конструкция зажигательной трубки; б, в, г – не правильная. 1 - наколкой делается углубление в патроне для КД; 2 - зажигательная трубка вводится в патрон; 3 - развернутая бумажная торцевая обертка собирается вокруг ОШ; 4 - собранная бумажная обертка завязывается вокруг ОШ шпагатом.

При взрывании посредством ДШ промежуточных детонаторов из шашек Т-400Г или ТГ-500 необходимо обратить внимание на узел ДШ, показанный на рис. 3.3. Особенность узла состоит в том, что через осевой канал шашки должно проходить 4 нитки ДШ и его конец надежно закреплен на боковой поверхности боевика.

При подготовке к работе студенты должны знать требования п. 9, 10 раздела I ЕПБ, выучить Уч. 5.

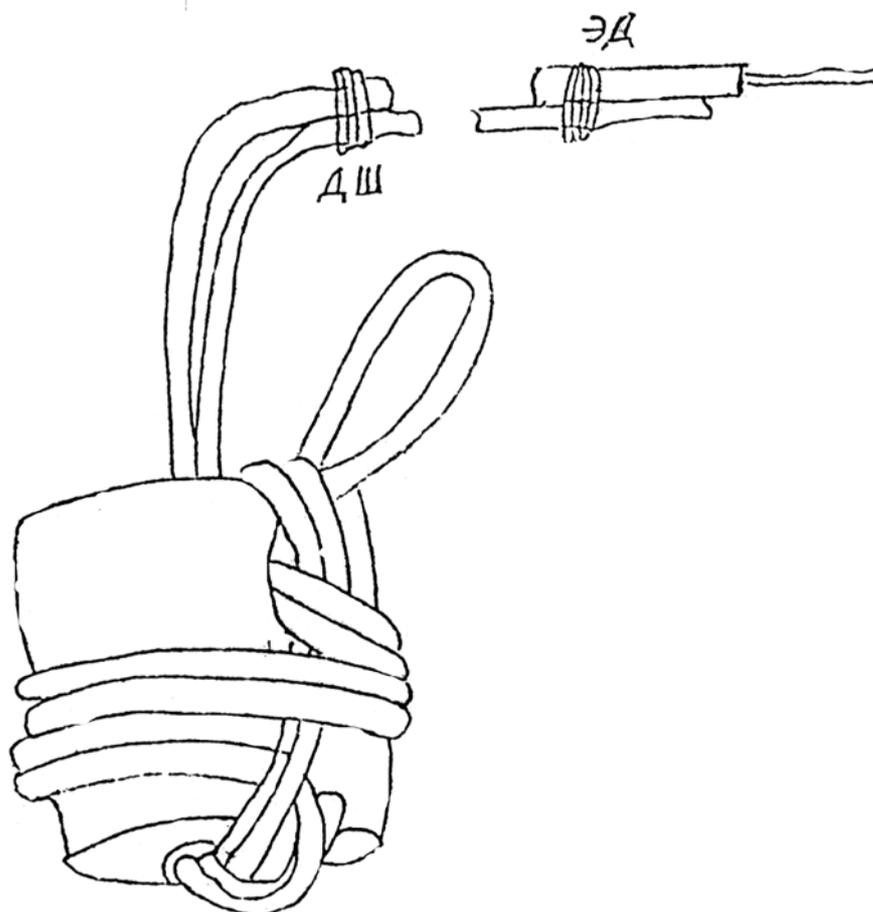


Рис. 3.3. Схема монтажа патрона-боевика для подрыва прессованных шашек посредством детонирующего шнура

#### Лабораторная работа № 9

Тема: **Определение критического диаметра детонации ВВ.**

Цель работы: изучить методы определения критического диаметра детонации промышленных ВВ и определить в каких зарядах можно практически использовать промышленные ВВ.

Детонация может распространяться по заряду ВВ без прочной оболочки только в том случае, если наименьший его диаметр больше некоторого критического значения. Поэтому наименьший диаметр заряда, при котором ещё возможна в данных условиях устойчивая детонация, называют критическим диаметром ВВ.

Критический диаметр является важнейшей характеристикой детонационной способности ВВ. В зависимости от его значения определяют в зарядах

какого диаметра данное ВВ можно применять при взрывных работах.

Определение критического диаметра ВВ сводится к нахождению наименьшего диаметра заряда, при котором в нем ещё возможна устойчивая детонация. Остальные параметры заряда в опытах должны сохраняться постоянными (плотность, дисперсность порошка, материал и толщина оболочки).

Определение критического диаметра детонации ВВ осуществляется двумя методами: путем взрыва конического заряда или взрыванием серии цилиндрических зарядов различного диаметра. В обоих случаях заряды ВВ взрывают в легких непрочных оболочках (бумага, калька). Влиянием массы и прочности такой оболочки на возможность распространения детонации по заряду можно пренебречь. Плотность ВВ по длине заряда должна быть равномерной. Для порошкообразных ВВ обычно добиваются плотности равной их плотности патронирования при производстве, для гранулированных она обычно равна насыпной плотности, для жидких или водосодержащих - равной удельному весу.

О полноте детонации испытуемого заряда судят по отсутствию на месте взрыва остатков ВВ и его оболочки и по наличию отпечатков взрыва или воронки на грунте.

Для многих промышленных ВВ критический диаметр открытого заряда (без оболочки) в несколько раз больше, чем в прочной оболочке. Поэтому если определять критический диаметр ВВ в прочной стальной (свинцовой) оболочке, то его значение существенно ниже, чем в бумажной оболочке. Этот эффект может быть использован при выполнении лабораторной работы.

### Порядок выполнения работы

Для выполнения данной лабораторной работы удобно использовать ПВВ IV класса аммонит Т-19. Руководитель работы (преподаватель) отбирает два патрона аммонита, которые распатронировывают, и навески порошка используют для снаряжения испытуемых зарядов.

а) метод конического заряда.

Из бумаги, кальки склеивают оболочки в виде конуса. Для склеивания конуса используют деревянные конические шаблоны соответствующего размера. Пустую оболочку взвешивают и делают на ней ряд отметок, делящих полезный объем оболочки на примерно равные части. Объем каждой части измеряют, заполняя сухим песком с последующим взвешиванием. Соответственно в каждый объем оболочки при плотности  $1,0 \text{ г/см}^3$  помещают навеску ВВ. Готовый заряд с оболочкой взвешивают и рассчитывают среднюю плотность всего заряда. Конический заряд со стороны большого диаметра закрывают картонным кружком с отверстием в центре для КД, который вставляют в ВВ на  $1/3$  его длины. Приготовленный таким образом заряд крепят к металлической пластине при помощи изоляционной или липкой ленты. На пластине острым предметом проводят две черты в местах, соответствующих положению концов заряда. На расстоянии  $2...3$  см от отметки вершины конуса на свободной части заряда проводят ещё одну контрольную полосу (рис. 3.4).

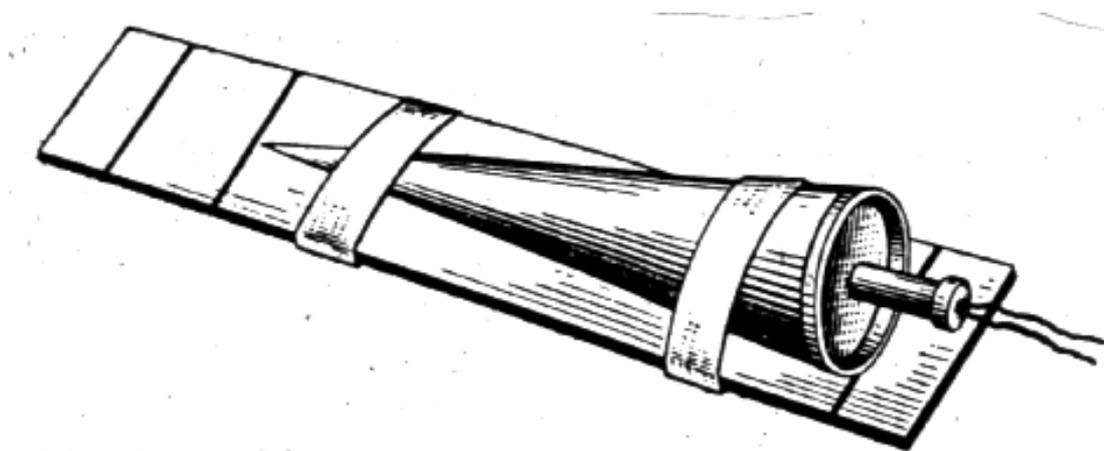


Рис. 3.4. Конический заряд для определения критического диаметра детонации

После взрыва находят пластину и измеряют расстояние от контрольной полосы (или от вершины конуса) до того места, где кончается характерный след дробящего действия продуктов детонации ВВ. Зная размеры конуса до опыта и измеренное расстояние, вычисляют диаметр заряда в том месте конуса, где прекратилась детонация. Этот диаметр считают критическим.

б) метод телескопических зарядов

Критический диаметр по этому методу определяют, взрывая серию цилиндрических зарядов различного диаметра (рис. 3.5).

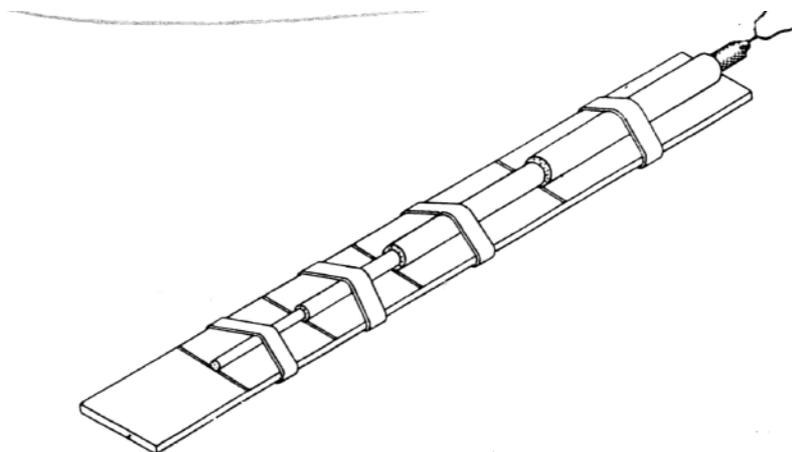


Рис. 3.5. Телескопический заряд

С помощью пуансонов с известным диаметром готовят оболочки из бумаги, в которые патронируют ВВ с заданной плотностью. Длина зарядов должна быть не менее пяти диаметров. В качестве инициатора применяют заряды того же ВВ, что и в испытуемом, при той же плотности, но с диаметром заведомо большим критического. Торцы на концах зарядов обрезают и плотно прижимают отдельные заряды друг к другу от большего диаметра к меньшему. Принимают изменение диаметра отдельных зарядов в телескопи-

ческом заряде таким образом, чтобы сначала диаметр менялся в широких пределах (5...10 мм), а в конце заряда в малых (2...3 мм).

Заряд крепят к металлической пластине липкой лентой, острым предметом на ней делают отметки для каждого отдельного заряда и указывают направление инициирования заряда по аналогии, как и у конического заряда. После взрыва по состоянию металлической пластины определяют прошла ли детонация по заряду до конца. Таким образом, определяют диаметр заряда, по которому детонация распространяется на всю длину и заряд с диаметром, при котором происходит затухание детонации ВВ. Критическим диаметром считают как среднее арифметическое между наибольшим диаметром, при котором произошло затухание детонации, и наименьшим диаметром, в котором заряд детонировал до конца. Точность определения задает преподаватель.

Для аммонитов ПВВ IV класса, в соответствии с ГОСТ 21982-76, определение критического диаметра производят следующим образом. Готовят прессованием шашки аммонита Т-19 диаметром  $22^{+0.1}_{-0.3}$  мм, длиной  $28,6 \pm 0,5$  мм, плотностью  $1,7 \pm 0,3$  г/см<sup>3</sup> и патроны аммонита Т-19 диаметром 36...37 мм и плотностью 1,05...1,20 г/см<sup>3</sup> массой не менее 100 г. Четыре прессованные шашки укладывают в колонку так, чтобы их менее плотные торцы были повернуты в одну сторону. Полученную колонку обертывают подпергаментной бумагой в 2...3 слоя так, чтобы со стороны менее плотного торца гильза была длиннее заряда на 100...150 мм, а со стороны более плотного конца шашек гильзу заворачивают. В свободную часть гильзы засыпают тротил. Длина подсыпки тротила 80...100 мм. Плотность подсыпки должна находиться в пределах  $1,0 \pm 0,05$  г/см<sup>3</sup>. В тротил помещают КД или ЭД на глубину не менее 30 мм.

Приготовленный заряд укладывают на плотном грунте во взрывной камере. Вплотную к нему помещают контрольный патрон из испытуемого ВВ и проводят взрывания. О полноте детонации заряда судят по наличию воронки и отсутствию остатков контрольного патрона. Проводят три параллельных опыта. Во всех опытах должна быть полная детонация заряда.

Таким образом, по заданию преподавателя студенты определяют критический диаметр методом конуса, методом телескопического заряда и в соответствии с ГОСТ на аммонит Т-19. Результаты опытов заносят в рабочий журнал.

## Лабораторная работа № 10

**Тема: Измерение скорости детонации ВВ.**

Цель работы: научиться измерять скорость детонации промышленных ВВ и изучить влияние диаметра заряда, плотности ВВ, содержания в составе ВВ инертных примесей на его скорость детонации.

Явление детонации было открыто в 1881 г. независимо друг от друга Берто и Вьелем, а также Маляром и Ле-Шателье при исследовании распространения пламени в трубах, заполненных взрывчатой газовой смесью.

Детонацией считают процесс перемещения по заряду ВВ зоны химической реакции посредством детонационной волны. Соответственно скорость распространения детонационной волны по заряду является скоростью детонации ВВ.

Методы определения скорости детонации, позволяющие измерять её с необходимой точностью в зарядах сравнительно небольших размеров, можно подразделить на две группы: методы, дающие возможность определять среднюю скорость детонации на определенном участке длины заряда, и методы, фиксирующие весь процесс детонации по длине заряда и дающие возможность определить скорость детонации в любой точке его длины. К первой группе относятся наиболее старый метод Дотриша, который ещё не редко используется благодаря своей простоте и доступности, а также осцилографические методы и метод измерения скорости детонации с помощью ионизационных датчиков. Ко второй группе относятся фотографические методы, в которых фоторегистры записывают на фотопленку свечение, сопутствующее распространению детонационной волны по заряду в прозрачной оболочке.

Применение этих методов измерения скорости детонации при изучении распространения детонационной волны по заряду ВВ позволило установить влияние целого ряда факторов на скорость детонации.

Установлено, например, влияние диаметра заряда на его скорость детонации. Установлено, что, начиная с критического диаметра, скорость детонации ВВ монотонно возрастает с увеличением диаметра вплоть до некоторого его значения, которое получило название предельного диаметра. Начиная с некоторой величины диаметра, равного предельному диаметру, скорость детонации не увеличивается. Аналогичное влияние на скорость детонации заряда ВВ оказывает оболочка заряда. Оказалось, что чем прочнее оболочка и чем выше её акустическая жесткость ( $\rho_0 C_0$ ), тем выше скорость детонации ВВ в заряде с оболочкой.

Особое место в исследовании детонационных процессов в ВВ занимает изучение влияния на скорость детонации ВВ его плотности в заряде. Установлено, что индивидуальные бризантные ВВ при увеличении их плотности в заряде вплоть до плотности монокристалла увеличивают скорость детонации. Промышленные ВВ, как правило состоящие из смеси слабо взрывчатых химических соединений, окислителей и горючего, имеют экстремальный характер изменения зависимости скорости детонации от плотности ВВ. На этом эффекте уже заострилось внимание при выполнении лабораторной работы по определению критического диаметра детонации.

Инертные (невзрывчатые-балластные) соли, введенные в состав ВВ, понижают его скорость детонации. Влияние твердых инертных солей на скорость детонации зависит как от их размеров, плотности, теплофизических свойств, так и детонационной способности сенсibilизатора.

Таким образом, измерение скорости детонации ВВ позволяет решить как важные практические задачи в исследовании ВВ, так и проводить исследование и изучение их свойств на стадии разработки и определения детонационной способности.

## Порядок выполнения работы

Руководитель работы (преподаватель) знакомит студентов с методом Дотриша для измерения скорости детонации ВВ с помощью ДШ. Неизвестная скорость детонации испытуемого ВВ сравнивается с известной скоростью детонации ДШ.

Согласно ГОСТ 3250-58, для проведения испытания используют бесшовную трубу - 1 (рис. 3.6), изготовленную из стали 5 по ГОСТ 8732-70 с внутренним диаметром 30 или 40 мм, толщиной стенок 3...4 мм и длиной 450 мм, закрытую с обеих концов завинчивающимися крышками – 2, в одной из которых по центру просверливается отверстие диаметром 7,5 мм под капсуль-детонатор или электродетонатор. На поверхности трубы два таких же отверстия, отстоящие одно от другого на расстояние 350 мм и от торца трубы со стороны крышки на расстоянии 60 мм, для пропуска в заряд концов 6 и 7 отрезков ДШ. Для фиксации места встречи детонационных волн отрезков ДШ используют пластинку – фиксатор 8 из оцинкованной стали марки 3 по ГОСТ 7118-54 толщиной 0,7 мм, шириной 15 мм и длиной 600 мм. На пластине перед укладкой концов ДШ наносят две поперечные риски А и Б на расстоянии 500 мм одна от другой. Под пластину помещают стальную подкладку 9 толщиной 10 мм, шириной 20 мм и длиной 620 мм. Обмотанную спиралью с помощью ниток пластину с подкладкой и концами ДШ помещают в металлическую трубу 10, защищающую фиксатор от осколков при детонации заряда. Толщина стенок – не менее 5 мм, внутренний диаметр 500 мм и длина 630 мм. Скорость детонации ДШ, применяемого для испытаний, должна быть не менее 6500 м/с. Измерение её производится заранее другим независимым методом. Для надежного возбуждения детонации в испытуемом заряде 3 используют промежуточный детонатор 5 – прессованную шашку ТНТ с плотностью 1,5-1,6 г/см<sup>3</sup>, диаметр которой на 1 мм меньше диаметра трубы заряда. Шашка имеет гнездо под ЭД или ДШ. Можно использовать порошкообразное ВВ (аммонит 6ЖВ) массой 100 г.

Для монтажа фиксирующей системы берут два неравных отрезка ДШ, длину которых устанавливают в зависимости от ожидаемой скорости детонации испытуемого ВВ. Если скорость детонации ожидается выше 2500 м/с, то первый отрезок берут длиной 1,5 м, а второй – 1,0 м. Если же скорость детонации больше 2500 м/с, то первый отрезок увеличивают до 2,2 м. Кроме того, базу ВГ, на которой измеряют скорость, уменьшают с 350 мм до 200 мм. При монтаже отрезков с пластинкой – фиксатором следят, чтобы концы их строго совпадали с рисками А и Б.

Заряд аммонита 6ЖВ при плотности 1,0 г/см<sup>3</sup> взрывают без трубы в бумажных патронах, а граммонит 79/21 в металлической трубе по схеме, показанной на рис. 3.6. Эта пара испытаний показывает как влияет стальная прочная оболочка на скорость детонации гранулированного ВВ, которое по химическому составу аналогично аммониту 6ЖВ.

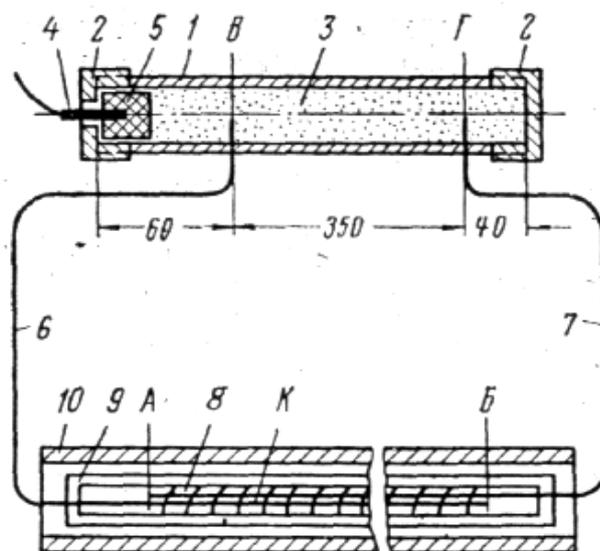


Рис. 3.6. Определение скорости детонации по методу Дотриша (ГОСТ 3250-58)

1- стальная труба; 2- крышки; 3- испытуемое ВВ; 4- детонатор; 5- промежуточный детонатор; 6,7- отрезки детонирующего шнура; 8- пластина фиксатор; 9- стальная подкладка; 10- защитная металлическая труба.

В задание студентам необходимо ввести испытания аммонита ПЖВ-20. Сравнение скорости детонации аммонита ПЖВ-20 и аммонита 6ЖВ показывает влияние инертной добавки – NaCl на скорость детонации аммонита.

В металлической трубе можно получить высокую плотность снаряжения ВВ, что удобно при изучении влияния увеличения плотности ВВ на его скорость детонации.

Подготовленный к испытанию заряд взрывают во взрывной камере с особыми предосторожностями. Затем извлекают из защитной трубы 10 пластину-фиксатор 8, разыскивают на ней отметку К и измеряют расстояние от этой отметки до рисок А и Б. Наличие такой отметки обусловлено следующим. Распространяющаяся по заряду детонационная волна в точке В вызывает детонацию отрезка 6 шнура, затем в точке Г инициирует отрезок 7 шнура. Распространяющиеся по этим отрезкам детонационные волны встречаются в некоторой точке К и создают мгновенное повышение давления в месте встречи, в результате образуют на пластине характерную вмятину, которая служит основой для измерений при расчете скорости детонации. Измерения между отметкой К и рисками А и Б на пластине, а также и между точками В и Г на трубе необходимо выполнить с точностью до 0,5 мм. Величина скорости детонации ВВ определяется по формуле:

$$D = \frac{D_w L}{L_1 - L_2}, \text{ м/с}, \quad (3.1)$$

где  $D_{ш}$  – скорость детонации ДШ, м/с;

$L$  – расстояние между центром боковых отверстий – база ВГ на трубе, м;

$L_1$  – расстояние КА плюс длина отрезка АВ шнура, м;

$L_2$  – расстояние К и Б плюс длина отрезка ВГ, м.

Для каждого испытуемого ВВ производят как минимум два опыта. Точность определения скорости детонации зависит от точности проделанных измерений. Однако она вполне достаточна, что бы в опытах можно было установить влияние оболочки заряда, плотности ВВ и содержание в нем инертных примесей (невзрывчатых солей) на скорость детонации.

Полученные результаты студенты записывают в рабочий журнал. Там же производят расчет скорости детонации ВВ в опытах, определенных преподавателем. Необходимо объяснить влияние прочной стальной оболочки заряда на скорость детонации ВВ. Поэтому необходимо ознакомиться с Уч., 2.

Необходимо учитывать, что при выполнении лабораторной работы по стандартной методике весьма сильно возрастает осколочное действие заряда на стенки взрывной камеры.

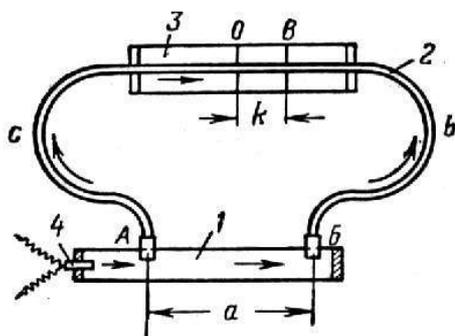


Рис.3.7. Схема опыта для определения скорости детонации ВВ

Поэтому студенты ДонНТУ выполняют эту лабораторную работу по упрощенной методике – без применения металлической трубы (рис 3.7).

Студенты получают у преподавателя патрон испытуемого ВВ длиной 300 мм, отрезок детонирующего шнура длиной 1800 мм, с заранее известной скоростью детонации, электродетонатор и фанерную пластинку.

Изготавливают замкнутый контур, состоящий из детонирующего шнура длиной 1,8 м и участка заряда изучаемого

ВВ длиной 0,2 м. Возбуждают детонацию патрона ВВ и определяют по расположению места встречи детонационных волн, идущих по шнуру навстречу друг другу, скорость детонации ВВ.

В патроне делают два прокола диаметром 6мм и глубиной, равной 2/3 диаметра патрона для детонирующего шнура.

Отрезок ДШ закрепляют над фанерной пластинкой на расстоянии 2,5-3 см от ее поверхности. На пластинке проводят карандашом черту посередине замкнутого контура. Патрон испытуемого ВВ взрывают электродетонатором, вставленным в торец патрона. Детонационная волна, идущая по патрону, подходит последовательно к обоим концам ДШ, возбуждая в них детонацию. В месте встречи детонационных волн, идущих по ДШ, на пластинке образуется глубокое прямолинейное углубление.

Заряд взрывают во взрывной камере.

После взрыва на пластинке с помощью штангенциркуля измеряют с точностью до 1 мм расстояние от черты до середины углубления и подсчи-

тывают скорость детонации ВВ по формуле:

$$V_{ВВ} = \frac{a \cdot V_{ДШ}}{2 + 2 \cdot k}, \quad (3.2)$$

где  $V_{ВВ}$  - скорость детонации ВВ, м/с;

$a$  - длина участка заряда ВВ между концами ДШ, вставленного в патрон ВВ, м;

$V_{ДШ}$  - скорость детонации ДШ, м/с;

$k$  - расстояние от середины контура до места встречи детонационных волн, м.

Студенты учебной группы делятся на две подгруппы. Каждая подгруппа выполняет по одному эксперименту. После проведения экспериментов и определения скорости детонации ВВ студенты подгрупп сравнивают полученные результаты с табличными и, если будут отклонения, выясняют причины, их вызывающие.

Ошибка однократного измерения скорости детонации на базе 20...25 см составляет 3...5%. Возможная ошибка в значительной мере определяется непостоянством скорости детонации различных отрезков данной партии шнура.

Студенты обязаны знать требования §§ 116, 90, 92, 99, 101, 103, 104 ЕПБ.

### Лабораторная работа № 11

**Тема: Определение фугасного действия (работоспособности) ВВ.**

Цель работы: изучить экспериментальные методы определения фугасности ВВ и механические формы работы взрыва.

Газообразные продукты взрыва ВВ при детонации имеют высокую температуру и давление, что делает возможным в процессе их расширения превращение тепловой энергии в механическую работу. Таким образом, работа взрыва совершается за счет энергии, выделяющейся при детонации ВВ.

Вся энергия ВВ (потенциальная энергия), как правило, не равна фактической тепловой энергии взрыва вследствие наличия химических потерь (неполнота реакции ВВ, диссоциация продуктов детонации). Но и эта энергия не полностью превращается в механическую работу. Неполнота превращения тепловой энергии в механическую работу обусловлена наличием тепловых или термодинамических потерь. В 1880 г. русским ученым И.М. Чельцовым предложено было рассматривать работу взрыва как работу адиабатического расширения продуктов взрыва, т.е. такого расширения, при котором не происходит теплообмена между продуктами детонации ВВ и взрывающей средой. Превращение тепла в механическую работу при адиабатическом расширении продуктов взрыва до атмосферного давления называют идеальной работой взрыва. Эта работа определяется уравнением:

$$A = E \left[ 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} \right], \quad (3.3)$$

- где  $E$  – потенциальная энергия взрыва ВВ (полная фактическая тепловая энергия);  
 $V_1$  и  $V_2$  – соответственно начальный объем ВВ и конечный объем продуктов взрыва при давлении равном атмосферному;  
 $k = c_p/c_v$  – отношение теплоемкостей продуктов взрыва при постоянном давлении и постоянном объеме (показатели адиабаты).

При практическом применении ВВ из всех форм механической работы, совершающейся при взрыве, полезными являются работа по дроблению горного массива, его расширению и выброса (перемещение) из зоны взрыва. В этой связи многочисленные формы механической работы взрыва объединяют в две основные группы – бризантные и фугасные. О бризантной форме работы взрыва мы подробно останавливались в лабораторной работе № 12. К фугасным формам работы взрыва ВВ относят образование полости в грунте (породе), выброс породы из воронки, а также разрушения происходящие вокруг места взрыва вызванные волнами напряжения или ударными волнами.

Работу образования полости в грунте и его выброса из воронки считают пропорциональной работе адиабатического расширения продуктов взрыва. Таким образом, фугасное действие взрыва определяется работоспособностью ВВ, зависящей от теплоты взрыва, показателя адиабаты и степени расширения продуктов взрыва. Из этого следует, что работоспособностью ВВ называют полную работу расширения продуктов взрыва (фугасное действие), отнесенную к единице его массы.

Для оценки работоспособности ВВ применяют следующие экспериментальные методы: определение фугасности ВВ в свинцовой бомбе (проба Трауцля), определение работы взрыва ВВ на баллистическом маятнике, баллистической мортире, двухмаятниковой баллистической установке, определение воронки выброса при взрывании зарядов ВВ в грунте или породе, измерение параметров ударной волны при взрывании открытых зарядов ВВ в воздухе или воде.

Наиболее простым методом оценки работоспособности ВВ является метод определения воронки выброса, образующейся после взрыва заглубленного в песке заряда ВВ. Этот метод не требует дорогого оборудования, достаточно прост и легко осуществляется в условиях ВУЗа.

### Порядок выполнения работы

Перед началом работы преподаватель знакомит студентов с порядком выполнения работы. Объем воронки выброса зависит от массы заряда, глубины его заглубления, свойств грунта. Если взрыв производить с соблюдением постоянства свойств грунта, массы и объема заряда ВВ, то изменение объ-

ема воронки выброса может быть связано только с изменением фугасности или работоспособности ВВ. Поэтому изменение объема воронки выброса прямопропорционально изменению работоспособности ВВ, т.е. отношение объема воронки выброса –  $V_1$  к объему  $V_2$  равно отношению работоспособности ВВ –  $A_1$  к  $A_2$ :

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

Для проведения испытаний используют песчаный бассейн, сваренный из листового железа в виде куба с длиной ребра 0,5 м. Он имеет ручки, а его объем заполнен сухим кварцевым песком. Заряд для испытаний готовят по аналогии с испытанием по ГОСТ 4546-48 (метод свинцовой бомбы) следующим образом. Навеску ВВ массой  $10 \pm 0,01$  г помещают в гильзу диаметром 24 мм. Поверх ВВ в гильзу вставляют картонный пыж толщиной 1,0...1,5 мм с гнездом под КД или ЭД, который вставляют в заряд на глубину 12 мм. Для порошкообразных ВВ за стандартную плотность принята плотность  $1,0 \text{ г/см}^3$ . Подготовленный заряд углубляют в бассейне, который перед заряданием ВВ взвешивают с точностью до 0,05 кг. Бассейн с зарядом устанавливают с наклоном к горизонту под углом  $60^\circ$ . Производят взрывание и взвешивают бассейн с песком вторично после взрыва. По результатам взвешивания определяют массу выброшенного из бассейна песка. Зная насыпную плотность песка и его массу определяют объем воронки выброса, значение которой используется как критерий оценки работоспособности ВВ. Для получения достоверных результатов испытания проводят 3...4 опыта, по которым определяют средний объем воронки выброса и доверительные границы среднего значения выборки. Для закрепления навыков практической работы студенты определяют объем воронки выброса зарядов ПВВ II класса (аммонит бЖВ) и ПВВ V и VI классов. Значения полученных объемов воронок выбросов используют для определения относительных показателей работоспособности ВВ V класса (угленит 13П) и ВВ VI класса (угленит 10П) по отношению к эталонному ВВ – аммониту бЖВ. Результаты испытаний заносят в рабочий журнал и оформляют в соответствии с требованиями настоящего практикума.

## Лабораторная работа № 12

**Тема: Определение бризантного действия взрыва заряда ВВ.**

**Цель работы:** научиться экспериментально определять бризантность ВВ путем измерения величины головной части импульса взрыва заряда ВВ на баллистическом маятнике.

Бризантное действие взрыва ВВ проявляется на близких расстояниях от места взрыва заряда, где давление и плотность энергии продуктов детона-

ции достаточно велики. С удалением от места взрыва эффекты механического дробления резко снижаются вследствие резкого (крутого) падения давления в продуктах взрыва и скорости их движения. Поэтому максимальный бризантный эффект проявляется при непосредственном контакте заряда ВВ с материалом преграды, расположенной перпендикулярно к направлению распространения продуктов детонации. Проявлением бризантного эффекта ВВ является дробящее действие горных пород и осколочное действие боеприпасов. Поэтому бризантность является одной из важных характеристик ВВ, на основе которой производится их сравнительная оценка и выбор для тех или иных целей взрывных работ.

Ф.А. Баум дал следующее определение бризантности: «Бризантность – это способность ВВ к местному разрушительному действию, которое является результатом резкого удара продуктов детонации по окружающим заряд ВВ предметам».

Бризантные свойства ВВ не определяются полностью и однозначно теми параметрами, от которых зависит их фугасность. Так с увеличением удельной теплоты взрывчатого превращения ВВ -  $Q_v$  и его удельного объема  $V_0$  фугасное действие взрыва возрастает. Для бризантности определяющими факторами являются скорость детонации –  $D$  и детонационное давление -  $P_n$ . Изменение плотности ВВ в заряде -  $\rho_0$  слабо сказывается на величине  $Q_v$ , а следовательно, и на фугасности ВВ, но зато оказывает существенное влияние на его бризантность. Это объясняется тем, что  $P_n$  и  $D$  в сильной степени зависят от начальной плотности ВВ.

Попытки теоретической оценки бризантности производились многими исследователями. Бихель предложил оценивать бризантность величиной выражения  $\frac{1}{2} mD^2$ , которую он принимал за кинетическую энергию продуктов детонации ВВ. Редль считал более правильным характеризовать бризантность величиной  $mD$ , т.е. количеством движения продуктов детонации ВВ. Гесс и Каст считали, что бризантность должна характеризоваться мощностью взрыва ВВ. При этом Гесс не учитывал значение плотности ВВ, относительную мощность к его единице веса. Каст, наоборот, придавал большое значение плотности, оценивая бризантность как мощность единицы объема ВВ. В результате им предложена формула для оценки бризантности ВВ ( $B_0$ ):

$$B_0 = FD\rho_0, \quad (3.4)$$

где  $F$  - «сила» ВВ, пропорциональная величине его работоспособности.

Снитко, учитывая отсутствие строгой пропорциональности между работой взрыва и  $F$ , считает, что более правильно оценивать мощность зависимостью:

$$B = Q_v\rho_0 D/l, \quad (3.5)$$

где  $l$  – длина заряда.

Беккер и Шмидт считали, что бризантность ВВ должна характеризовать-

ваться скачком давления во фронте детонационной волны:

$$P_H - P_0 = \Delta P_H = \rho_0 u D. \quad (3.6)$$

Рюденберг предложил характеризовать бризантность суммарной величиной

$$P_{\text{имп}} = \Delta P + \rho_1 u^2 = 4/3 P_H \quad (3.7)$$

Практические методы определения бризантности разработаны в 1876 г. Гессом – «проба на обжатие свинцовых столбиков» и Кастом в 1893 г. – «проба на обжатие медных крешеров». Несмотря на ряд недостатков первый способ является стандартным (ГОСТ 5984-51). Вместе с тем работами А.Ф.Беляева, М.А. Садовского, П.Ф. Похила, Ю.Б.Харитона была установлена связь бризантности ВВ с его импульсом взрыва, разработана теория бризантности и методы её измерения. Эти ученые установили, что наиболее надежным прибором для определения импульсов на поверхности детонирующих зарядов является баллистический маятник. Далее в исследованиях было установлено, что в условиях стандартной пробы (метод Гесса ГОСТ 5984-51) обжатие свинцовых цилиндров линейно меняется с плотностью ВВ:

$$\Delta H / H_0 = k_1 \rho_0 \quad (3.8)$$

С другой стороны, связь между удельным импульсом  $i$  и плотностью заряда (при постоянной массе) определяется соотношением:

$$i = k_2 \rho_0^n \quad (3.9)$$

Из этого следует, что

$$\Delta H / H = \left( \frac{k_1}{k_2^n} \right) \cdot i^{1/n} = c \cdot i^{1/n}, \quad (3.10)$$

т.е. с увеличением плотности заряда обжатие свинцовых цилиндров растет от импульса взрыва более круто, чем по линейному закону ( $n$  для ВВ равен 0,72...0,75). Это было экспериментально подтверждено и оказалось что обжатие свинцовых цилиндров полностью определяется удельным импульсом взрыва ВВ.

В МакНИИ разработана, утверждена и введена в действие межведомственная методика «Метод определения бризантности промышленных ВВ по импульсу взрыва». – Макеевка-Донбасс, 1983. – 13 с.

## Порядок выполнения работы

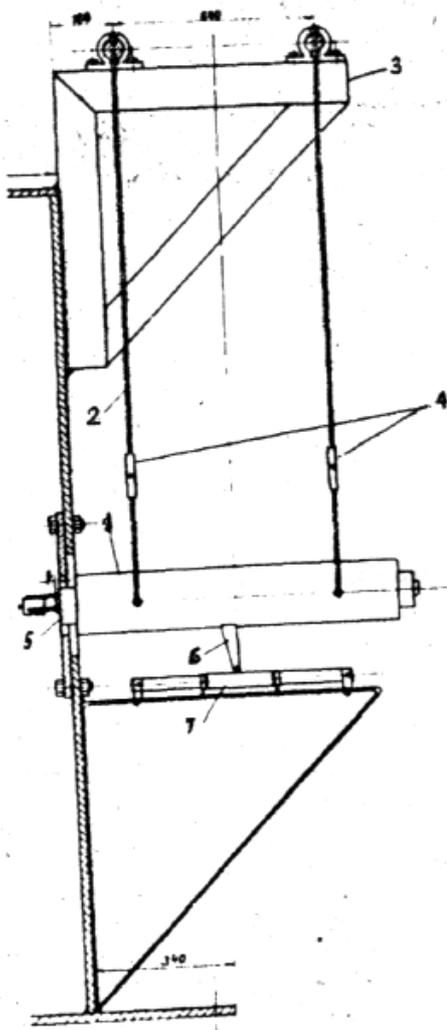


Рис. 3.8. Схема баллистического маятника

1- тело маятника; 2- тяги маятника; 3- кронштейны; 4 - винтовая стенка; 5 - носок маятника; 6 – самописец; 7 - барабан с бумажной лентой

Руководитель работы (преподаватель) знакомит студентов с оборудованием для проведения лабораторной работы. Баллистический маятник представляет собой цилиндрическое стальное тело (рис. 3.8), подвешенное на стальных тягах во взрывной камере.

Испытуемое ВВ массой 50 г взвешивают с точностью до 0,01 г, помещают в бумажную гильзу диаметром 40 мм и закрывают сверху картонным кружочком. Промышленные ВВ испытывают при плотностях, указанных в соответствующих ГОСТах или ТУ, или при плотности  $1,0 \text{ г/см}^3$ . По оси заряда ВВ пуансоном формируют канал под КД или ЭД диаметром 7,5 мм и длиной 25 мм. Детонатор вставляют в гнездо патрона на месте перед подрывом. В отверстия на торце носка маятника вставляются деревянные стержни, между которыми помещается подготовленный заряд ВВ. Расстояние между торцом носка маятника и зарядом ВВ должно быть 30 мм (для удлинения срока службы носка).

На столе кронштейне укладывают лист белой бумаги так, что острие карандаша совпадало с чертой его нулевого положения. Взрывную камеру закрывают и производят инициирование заряда. После взрывания заряда, снимают бумажный лист и измеряют с точностью до 1 мм длину линии, характеризующую отклонение маятника –  $S$ , и производят расчет импульса взрыва по формуле:

$$J = 2,77 \cdot 10^{-2} S, \text{ кг}\cdot\text{с} \quad (3.11)$$

Величина импульса взрыва ВВ, полученная на баллистическом маятнике, может быть пересчитана в величину обжатия свинцовых цилиндров по установленной зависимости:

$$\Delta H = J/K, \text{ мм}, \quad (3.12)$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности импульса взрыва обжатию свинцового цилиндра.

Для угленитов  $K = 0,11$ , а для аммонитов, аммонала, детонита  $K = 0,10$ .

В МакНИИ в результате многократных параллельных испытаний разработаны таблицы и формулы, позволяющие перейти от величины импульса к величине усадки свинцового столбика всех промышленных ВВ (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Показатели перехода от величины импульса к стандартной величине бризантности ВР

| Импульс взрыва, кгс*с | Горизонтальное отклонение маятника, мм | Обжатие свинцовых цилиндров, мм |
|-----------------------|--|---------------------------------|
| 1                     | 2                                      | 3                               |
| 0,51                  | 18                                     | 4                               |
| 0,60                  | 21                                     | 5                               |
| 0,64                  | 24                                     | 6                               |
| 0,79                  | 27                                     | 7                               |
| 0,88                  | 30                                     | 8                               |
| 0,98                  | 35                                     | 9                               |
| 1,07                  | 37                                     | 10                              |
| 1,17                  | 41                                     | 11                              |
| 1,26                  | 44                                     | 12                              |
| 1,35                  | 47                                     | 13                              |
| 1,45                  | 51                                     | 14                              |
| 1,55                  | 54                                     | 15                              |
| 1,65                  | 58                                     | 16                              |
| 1,74                  | 61                                     | 17                              |
| 1,83                  | 64                                     | 18                              |
| 1,94                  | 68                                     | 19                              |
| 2,04                  | 71                                     | 20                              |
| 2,14                  | 74                                     | 21                              |
| 2,24                  | 78                                     | 22                              |

Студенты учебной группы делятся на две подгруппы. Каждая подгруппа выполняет по одному эксперименту. После проведения экспериментов и определения бризантности ВВ студенты подгрупп сравнивают полученные результаты с табличными и, если будут отклонения, выясняют причины, их вызвавшие.

Студенты обязаны знать требования ЕПБ, 116, 92, 104, 103.

Таким образом, студенты проводят испытания ВВ, делая не менее 3 опытов. Определяют среднее величины бризантности ВВ. Например, для угленита 13П бризантность должна быть не менее 7 мм, аммонита 6ЖВ не менее 14 мм.

Полученные результаты и расчеты заносят в рабочий журнал и исполь-

зуют для написания отчета.

### Лабораторная работа № 13

#### Тема: **Определение критической плотности ВВ.**

Цель работы: научить студентов определять экспериментально критическую плотность ВВ, важную эксплуатационную характеристику.

Известно, что повышение плотности увеличивает скорость детонации индивидуальных ВВ. Для смесевых ВВ, состоящих из компонентов, которые сами по себе не взрываются или представляют собой малочувствительные к детонации ВВ, при повышении плотности скорость детонации возрастает в области умеренных плотностей, проходит через максимум и затем падает. Из сказанного следует, что повышение плотности у ряда промышленных ВВ в определенном интервале при сравнительно небольших диаметрах заряда приводит к уменьшению скорости детонации, что в итоге приводит к её затуханию. Поэтому максимальная плотность ВВ в заряде определенного диаметра, при которой происходит затухание скорости детонации в нем, называют критической плотностью.

Критическую плотность многих ВВ можно определить, испытывая их на бризантность по пробе Гесса. Испытывают заряды различной плотности и результаты обжатия свинцовых столбиков наносят на график, который показывает как изменяется зависимость величины обжатия столбиков от плотности ВВ. По максимуму полученной кривой устанавливают оптимальную плотность заряжения ВВ, а по минимуму отвечающему наибольшей плотности ВВ, – критическую плотность. Критической называют ту максимальную плотность, при которой еще возможна устойчивая детонация ВВ.

#### Порядок выполнения работы

Руководитель работы (преподаватель) предлагает студентам провести определение критической и оптимальной плотности заряжения аммонита 6ЖВ. Для проведения работы используют метод определения бризантности ВВ на баллистическом маятнике. Студенты готовят заряды ВВ, аналогичные зарядам, используемых в лабораторной работе № 7. Принципиальным отличием работы является то, что определение бризантности у ВВ производят при различной его плотности. Заряды аммонита 6ЖВ массой 50 г и плотностью соответственно 1,00; 1,35; 1,45; 1,55; 1,65 г/см<sup>3</sup> взрывают последовательно на баллистической установке. Результаты определения импульса взрыва ВВ наносят на график, который показывает изменение величины бризантности ВВ от изменения плотности. Точки на графике соединяют и получают график, описывающий данную зависимость. Вначале видно, что до некоторого предела плотности бризантность аммонита растет, а затем начинает падать. Точка на графике, соответствующая максимуму, отвечает оптимальной плотности заряжения ВВ. Плотность ВВ, при которой его бризантность оказывается менее первоначальной, считается критической.

Вторым этапом работы, руководитель перед студентами ставит задачу

определить критическую плотность аммонита бЖВ в диаметре 22 мм методом, изложенным в лабораторной работе № 9. Для этого на каждый взрыв берут по четыре шашки ВВ при плотности  $1,45 \text{ г/см}^3$ , которые заворачивают в бумажную оболочку с подсыпкой тротила 80 г при плотности  $1,0 \text{ г/см}^3$ . Впритык к заряду устанавливают патрон-свидетель диаметром 36...37 мм массой 100 г. О детонации заряда судят по полноте взрыва патрона-свидетеля. Если заряд детонирует полностью, то плотность шашек увеличивают на  $0,1 \text{ г/см}^3$  до тех пор, пока не будет получен отказ детонации. Заряд ВВ, который будет иметь максимальную плотность и при этом устойчиво детонировать при испытании характеризует критическую плотность ВВ.

Результаты испытания заносятся в рабочий журнал. Графическая часть работы выполняется на миллиметровой бумаге. Студенты, выполнявшие работу, должны объяснить почему изменяется критическая плотность аммонита бЖВ и какие факторы при этом оказывают влияние.

#### Лабораторная работа № 14

**Тема: Испытания патронов ВВ на способность к передаче детонации на расстояние.**

Цель работы: научить проводить испытания патронов ВВ по методике, которая устанавливает метод определения их способности к передаче детонации на расстояние между двумя сухими патронами и после выдержки их в воде.

Метод предназначается для приемосдаточных или контрольных испытаний выпускаемых патронированных или новых ВВ, а также в исследованиях для изучения их детонационной способности. Испытание основано на возбуждении детонации одного патрона взрывом другого, уложенных на грунте соосно на некотором расстоянии друг от друга (рис. 3.9). Через воздух определяется максимальное расстояние передачи детонации между патронами, величина которого является важным параметром, характеризующим детонационную способность ВВ. Кроме того, этот показатель используется как критерий, характеризующий водоустойчивость патронов ВВ. В этом случае патроны перед испытанием выдерживают в воде на глубине 1 м в течении 1 часа для аммонитов и 0,5 часа для угленитов. Потом патроны попарно укладывают на грунте и взрывают. Определяют расстояние между торцами патронов, при котором происходит передача детонации.

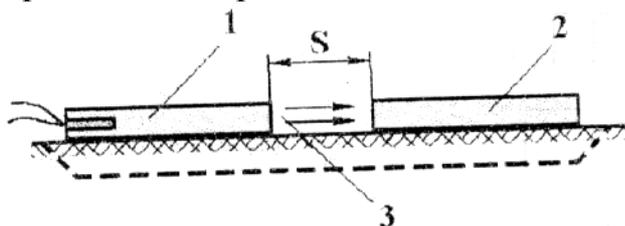


Рис. 3.9. Схема укладки патронов на передачу детонации  
1- активный заряд; 2 – пассивный патрон; 3 – направление детонации

В настоящее время действующие технические требования на ПВВ V и VI классов предусматривают проведение испытаний по определению передачи детонации патронов, между торцами которых находятся угольные таблетки. Расстояние, на котором вероятность передачи детонации для сухих патронов через угольные таблетки составляет 50%, должна быть не менее 1,4 см, а предельное расстояние, на котором не допускаются отказы, должно быть не менее 1 см.

#### Порядок проведения работы.

От партии ВВ отбирают не менее 6 патронов. Под наблюдением преподавателя студенты приступают к работе. В один из патронов (боевик) вставляют КД или ЭД, которые должны быть углублены в патрон на всю длину. Патроны укладывают на песчаном ровном грунте так, чтобы ось одного патрона служила продолжением оси другого. Между торцами патронов помещают шаблон соответствующего размера (измеритель передачи детонации) к которому плотно прижимают патроны ВВ, затем, не сдвигая с места патроны убирают шаблон. Первоначальное расстояние между патронами устанавливают на основании имеющихся данных о способности испытуемого ВВ к передаче детонации. После укладки патронов взрывают патрон-боевик и отмечают произошла ли передача детонации ко второму – пассивному патрону (без детонатора). О передаче детонации судят по наличию углубления в том месте грунта, где был расположен пассивный патрон и по отсутствию остатков невзорвавшегося ВВ. Производят несколько подрывов и определяют то максимальное расстояние между торцами патронов, при котором происходит передача детонации между патронами. ВВ считают выдержавшим испытания, если при трех подрывах будет получена передача детонации от взрыва патрона-боевика к другому патрону и если оба патрона взорвутся. Испытания на передачу детонации при контрольных испытаниях на базисных складах упрощают, проводят по упрощенной методике. Вместо отыскания максимального расстояния передачи детонации между патронами, взрывают три пары патронов, у которых расстояние между патронами соответствует установленному стандарту или ТУ расстоянию передачи детонации между патронами для данного типа ВВ. При разработке новых ВВ передача детонации между патронами должна определяться методом «вверх-вниз». В этом случае определяют способность ВВ к передаче детонации, которая характеризуется:

- расстоянием между торцами патронов, при котором наблюдается 50% случаев передачи детонации,  $l_{50}$ ;

- предельным (наибольшим) расстоянием, на котором с заданной надежностью гарантируется передача детонации между патронами,  $L_{пр}$ ;

Рекомендуемая шкала расстояний  $L$  (в см) при определении передачи детонации через воздушный промежуток выглядит следующим образом:

1,0; 1,3; 1,6; 2,0; 2,6; 3,0; 4,0; 5,0; 6,2; 7,8; 9,8; 12,2; 15,3; 19,1; 23,8; 29,8; 37,2; 46,6; 58,2; 72,8; 91,0.

Пример определения расстояния передачи детонации между патронами методом «вверх-вниз» приведены в Приложении Г. Кроме того, предусмат-

ривается определение способности к передаче детонации между патронами после выдержки (замочки) их в воде через воздушный промежуток и определение способности к передаче детонации между патронами через угольную таблетку.

Рекомендуемая шкала расстояний  $L$  (в см) при определении передачи детонации через угольную таблетку выглядит следующим образом:

0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,8; 3,4; 4,1.

При определении способности к передаче детонации через угольные таблетки применяют следующие материалы - угольную пыль с содержанием летучих по ГОСТ 6382-75 29...35%, золы по ГОСТ 110.22-75 - не более 9%, влаги по ГОСТ 11014-70 - не более 2%, прошедшую через сито № 15 по ГОСТ 4403-56; клей силикатный конторский по ТУ 6-15-433-75; пресс-инструмент для прессования шашек из угольной массы, состоящий из матрицы диаметром 37 мм, пуансона, поддона, набора ограничительных колец, и матрицы для выпрессовки таблеток.

Водоустойчивость патронированных ВВ определяется путем испытания его на передачу детонации между торцами патронов после их замочки в воде. Для проведения испытания по определению передачи детонации на расстояние между патронами после их выдержки в воде преподаватель, руководящий работой, отбирает шесть пар патронов ВВ. Отобранные патроны студенты помещают в специальные футляры, открытые для свободного доступа к патронам ВВ воды. Футляры с патронами подвешивают в вертикальном положении в бак с водой на глубину 1 м от нижнего торца патронов и выдерживают в течении 1 часа или получаса (в зависимости от вида ВВ). Температура воды должна быть 15...20<sup>0</sup>С.

После выдержки патронов в воде их вынимают и испытывают попарно на передачу детонации. Патроны должны быть уложены на грунте строго по одной оси так, чтобы нижний (по местоположению в футляре) торец патрона-боевика был обращен к верхнему торцу пассивного патрона. Время с момента окончания выдержки патронов в воде до их подрыва не должно превышать 30 мин. Испытания нитроэфирсодержащих ВВ проводят при температуре патронов не ниже 0<sup>0</sup>С.

Таким образом в результате выполнения лабораторной работы студенты определяют соответствие передачи детонации между патронами нормируемому значению ГОСТа или ТУ на это ВВ, водоустойчивость патронов ВВ и способность передавать детонацию через угольные таблетки. Руководитель работы (преподаватель) в зависимости от ресурса учебного времени, отведенного на практические работы по данной дисциплине, может предложить студентам определить влияние торцевой заделки патронов на расстояние их передачи детонации, а также влияние направления движения детонационной волны в патроне-боевике на расстояние передачи детонации пассивному патрону. Эти две задачи имеют большое практическое значение в технологии взрывных работ. Плохая заделка торцов у патронов приводит к резкому снижению передачи детонации между патронами и как следствие к снижению устойчивости детонации шпуровых зарядов ВВ.

Очень часто мастера-взрывники при зарядании шпуров переворачивают патроны-боевики таким образом, что донце КД или ЭД направлено не в сторону заряда, а от него. В этом случае очень сильно падает расстояние передачи детонации между патронами и снижается устойчивость детонации ВВ в шпурах.

В результате испытаний патронов с торцами и без них ВВ имеют значительное отличие в передаче детонации, аналогично влияет и «переворачивание» патрона-боевика.

Полученные результаты заносятся в рабочий журнал, делаются эскизы положений патронов и направления их инициирования.

При выполнении работы необходимо знать требования ЕПБ, 128...155.

### Лабораторная работа № 15

**Тема: Определение чувствительности ВВ к удару.**

**Цель работы:** Ознакомить с методами определения чувствительности ВВ к удару и трению и научить проводить испытания на чувствительность к удару.

В работе ВВ подвергаются тем или иным видам механических воздействий (удару, трению), которые при определенной степени интенсивности могут стать причиной непредвиденного взрыва. Для оценки степени опасности ВВ их испытывают в лабораторных условиях на удар и трение. Испытание на прямой удар проводят на копрах. Метод испытания на копре Каста малых навесок ВВ стандартизирован.

Характеристикой чувствительности ВВ к удару служит энергия удара, необходимая для возбуждения в нем взрыва. Эту величину определяют экспериментально, подвергая небольшую массу ВВ удару падающим грузом в определенных условиях

В связи с тем, что возникновение взрыва при ударе носит вероятностный характер, опыты при одной и той же энергии удара производят многократно. В качестве характеристики чувствительности ВВ обычно применяют:

- частоту возникновения взрывов при постоянных весе груза и высоте падения;
- минимальную высоту падения груза, при которой происходит взрыв;
- минимальную высоту падения определенного груза, при которой взрыв возникает во всех опытах.

Обычно же ограничиваются частотой взрывов из 25 опытов или в соответствии со стандартом находят нижний предел чувствительности, за который принимают ту минимальную высоту падения груза, при которой хотя бы в одном опыте произошел взрыв. Нижний предел является главной характеристикой чувствительности, а частота взрывов - вспомогательной, кроме того, определяют высоту соответствующую частоте взрывов равной 50%. Испытания на нижний предел чувствительности проводят в роликовом приборе № 1 и № 2. Конструктивно роликовый прибор № 2 отличается от № 1 тем, что имеет на внутренней стороне муфты кольцевую канавку, предназна-

ченную для истечения вещества ВВ при ударе, создавая тем самым сильное внутренне трение. В таких условиях испытания имеется большая вероятность взрыва ВВ, находящихся в твердом состоянии.

### Порядок выполнения работы

Преподаватель знакомит студентов с конструкцией копра Каста (Приложение Д). Испытания на копре, согласно ГОСТ 4548-80, выполняют следующим образом. Навеску твердого ВВ массой 0,05 г, взятую с точностью 0,005 г, равномерно распределяют между соприкасающимися торцевыми поверхностями роликов в направляющей муфте приборчика, который затем помещают на наковальню копра в центрирующую его обойму. Готовят 25 приборов и устанавливают на алюминиевый поднос. Груз массой 10 кг устанавливают (при определении частоты взрывов) на высоте 25 см и производят удар им по верхнему ролику приборчика № 1. Результат удара определяют по звуковому эффекту или вспышке. Такой опыт повторяют 25 раз, меняя роликовые приборчики с навесками, и вычисляют процент взрывов из всего числа испытаний. Частоту взрывов (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{a \cdot 100}{25}, \quad (3.13)$$

где  $a$  – полученное число взрывов;  
25 – число определений.

Определение нижнего предела чувствительности в приборе № 2 проводят аналогично. Определяют максимальную высоту падения груза, при которой получают все отказы или не более одного взрыва из 25 определений. Если взрывы отсутствуют в 25 испытаниях при падении груза массой 10 кг с высоты 50 см, то считают, что нижний предел чувствительности для испытуемого ВВ составляет более 50 см. В том случае, когда при грузе массой 10 кг нижний предел чувствительности получен менее 5,0 см, определяют нижний предел чувствительности при грузе массой 2 кг.

Учитывая большой объем определения при проведении данных испытаний, рекомендуется проводить испытания методом «вверх - вниз». Высота закрепления груза принимается такой же как в лабораторной работе – расстояние, при котором определяется передача детонации между патронами (Приложение Г), только выражают её в миллиметрах  $h_n$ . В этом случае результат определения чувствительности ВВ к удару характеризуется:

- высотой поднятия груза, при которой определяется в опытах 50% взрывов или вспышек;
- высоту поднятия груза, при которой в опытах происходит соответственно 5% и 95% взрывов или вспышек ВВ;
- предельную высоту поднятия груза, при которой в опытах не наблюдается взрывов и вспышек ВВ.

По результатам испытаний строят кривую зависимости частоты

взрывов от высоты сбрасывания груза. Для этого на сетку графика (миллиметровая бумага) наносят точки частности взрывов от их соответствующих высот. Точки аккуратно соединяют и получают кривую характеризующую чувствительность к удару.

Студенты ДонНТУ данную лабораторную работу выполняют с целью определения второй из перечисленных характеристик по следующей методике.

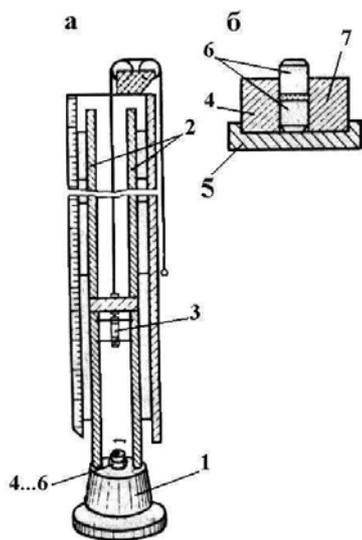


Рис.3.10. Копер для определения чувствительности ВВ к удару

Груз массой 2 кг, производящий удар по испытуемому ВВ, закрепляют на определенной высоте при помощи держателя, снабженного спусковым приспособлением; для определения высоты закрепления груза на копре имеется рейка с делениями (рис. 3.10).

При проведении испытаний навеску ВВ также помещают в штемпельный прибор, состоящий из направляющей муфточки и двух стальных роликов. Масса навески ВВ - 0,05 г. В зависимости от высоты, с которой сбрасывают груз массой 2 кг на штемпельный прибор, может произойти (или не произойти) взрыв или вспышка ВВ. После каждого удара ролики штемпельного прибора очищают и укладывают новую навеску ВВ.

Студенты получают от преподавателя необходимое количество навесок испытуемого ВВ массой 0,05 г. Навески поочередно помещают между стальными роликами штемпельного прибора, который затем устанавливают на стальное основание копра, и производят испытание.

За меру чувствительности к удару принимается минимальная высота (в сантиметрах), при шестикратном сбрасывании с которой груза массой 2 кг на навеску ВВ массой 0,05 г произойдет только один раз взрыв или вспышка ВВ. При этом следует знать, что ВВ, имеющие чувствительность к удару до 7 см, считают очень чувствительными к удару, весьма опасными в обращении. Для этих ВВ разрешена только внутризаводская перевозка.

Результаты испытаний заносят в рабочий журнал, а расчеты и полученные характеристики оформляют в соответствии с требованиями настоящего практикума.

#### **Глава 4. Оценка опасности взрывчатого вещества как источника воспламенения метановоздушной и пылевоздушной смесей**

##### **Лабораторная работа № 16**

**Тема: Сравнительная оценка предохранительных свойств ВВ по интенсивности инфракрасного излучения продуктов взрыва.**

Цель работы: Ознакомить с принципами построения и свойствами предохранительных ВВ, применяющихся в угольных шахтах; изучить метод сравнительной оценки предохранительных свойств ВВ (одного по отношению к другому) по интенсивности инфракрасного излучения продуктов взрыва при их расширению в окружающую заряд ВВ среду

Определение предохранительных свойств ВВ проводят в специальном опытном штреке путем взрывания стандартным способом зарядов ВВ в канале специальной стальной мортиры, желобе уголковой стальной мортиры или в свободноподвешенном состоянии в центре камеры опытного штрека, в которой создается на момент взрыва взрывоопасная смесь воздуха с газом метаном или угольной пылью. При этом определяют предельную массу ВВ, которая в стандартных условиях взрывания не вызывает воспламенений взрывоопасной среды, или массу заряда, дающую 50% воспламенений.

Существующий стандартный метод требует дорогого оборудования, специально выделенного для проведения таких испытаний места и является очень трудоемким. При этом результаты испытания, в следствие влияния на взрывчатость смесей большого количества факторов, имеют достаточно сильный разброс значений. Поэтому требуется значительное количество параллельных опытов. Необходимость более дешевого экспресс-испытания ВВ на предохранительность заставила разработать метод, основанный на измерении интенсивности инфракрасного излучения продуктов взрыва ВВ при их расширении в окружающую среду, в которой взрывают свободноподвешенный заряд. При взрыве измеряют величину фотоЭДС от приемника инфракрасного излучения, направленного на взрывающийся заряд. Полученные при этом величины фотоЭДС сравнивают у различных ПВВ с величиной фотоЭДС, полученной у ПВВ с хорошо изученными свойствами (эталонное ПВВ), у которого достаточно точно определен предельный заряд в опытном штреке. В итоге исследуемое ВВ является более предохранительным, если величина отношения его фотоЭДС эталонного ПВВ меньше единицы, и наоборот, менее предохранительным если это отношение больше единицы.

#### Порядок выполнения работы

Руководитель работы знакомит студентов с оборудованием и принципиальной схемой его настройки и работы. Измерение интенсивности излучения производится с помощью приемника лучистой энергии – фотодиода ФД-3, который помещают в специальную обойму с контактами коаксиального кабеля, соединяющего его со входом осциллографа.

Обойма устанавливается во взрывной камере; в поле зрения фотодиода подвешивают взрываемый заряд ВВ. С целью использования линейного участка зависимости величины фотоЭДС от лучистого потока энергии, последний уменьшают путем установки перед фотодиодом светофильтра из эбонита толщиной 3 мм. Перед испытанием производят проверку работы фотодиода от стандартного источника света (С1-19Б). Фотодиод со светофильтром

подвешивают взрываемый заряд ВВ. отодиода устанавливают на расстоянии 8 см от лампы накаливания, на которую подают напряжение 200В. Лампу включают на 2...3 сек. При этом луч осциллографа отклоняется на определенную величину. Толщина принятого светофильтра должна обеспечивать отклонение луча осциллографа на значение 15 мВ (рис. 4.1).

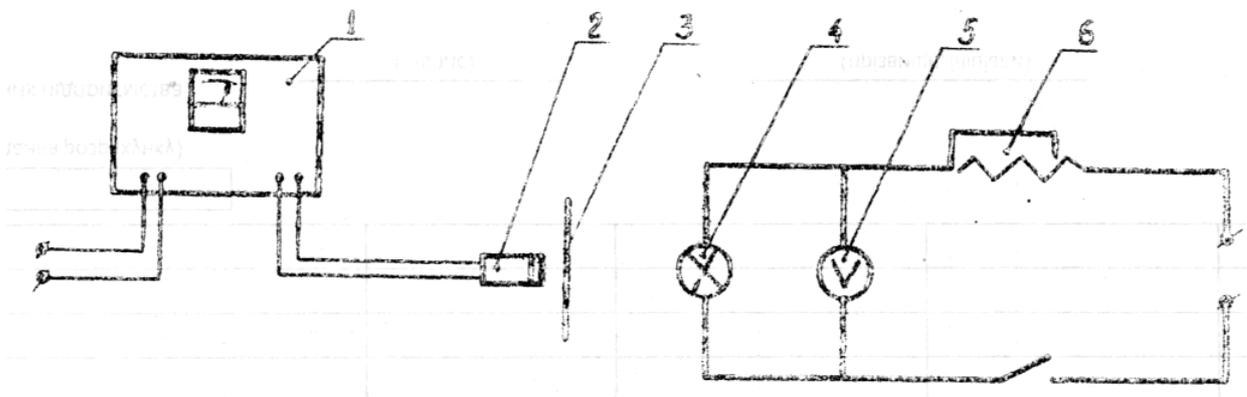


Рис 4.1. Принципиальная схема датчика при оценке интенсивности инфракрасного излучения от взрыва ВВ

1- регистрирующий прибор; 2-фотодиод со светофильтром; 3- светонепроницаемая перегородка; 4- лампа накаливания; 5- вольтметр; 6- реостат.

Заряд исследуемого ВВ массой  $200 \pm 1$  г подвешивают в центре взрывной камеры. Взрывают и регистрируют интенсивность излучения. Поочередно взрывают заряд испытуемого ВВ и эталонного. Осциллограммы копируют с экрана и в точности замеряют величины фотоЭДС и продолжительность излучения. Результаты заносят в рабочий журнал. Для сравнения предохранительных свойств применяют заряды ПВВ IV класса аммониты Т-19, Ф-5, Г5 и углениты 13П или 10П. Студенты должны объяснить почему величины фотоЭДС у ПВВ различных классов отличаются между собой и какая наблюдается тенденция влияния предохранительных свойств ПВВ на величину их фотоЭДС. По результатам работы студенты должны сформулировать основной принцип построения ПВВ.

#### Лабораторная работа № 17

**Тема: Определение устойчивости против выгорания зарядов предохранительных ВВ (ПВВ).**

**Цель:** изучить способность зарядов ПВВ IV-VI классов воспламеняться под действием поджигающего импульса и выгорать в шпурах при взрывных работах в угольных шахтах.

Выгорания шпуровых зарядов ПВВ в шахтах, опасных по газу или пыли, представляет серьезную опасность при взрывных работах. Установлено, что при наличии взрывоопасной среды в забое горной выработки, если происходит выгорание шпурового заряда, то всегда происходит ее воспламене-

ние и взрыв с вытекающими из этого катастрофическими последствиями. Отмечается также, что выгорания шпуровых зарядов часто являются причиной разрушительных подземных пожаров. Считается, что необходимой предпосылкой любого выгорания ПВВ является нарушение детонации заряда ВВ вследствие снижения или даже потери его детонационной способности. Снижение детонационной способности заряда ПВВ может происходить в результате следующих причин: недостаточного инициирующего импульса, динамического переуплотнения патронов, проявления канального эффекта, увлажнения ПВВ в обводненных шпурах, слеживаемости. Недостаточность инициирующего импульса связана с некачественными детонаторами, раздвижкой патронов в шпуре, наличием пересыпок из угольной пыли между патронами, неудовлетворительным качеством заделки торцов патронов при их изготовлении. Еще одним важным фактором, влияющим на способность ПВВ выгорать, является наличие непосредственного контакта между ПВВ и угольной пылью в шпуре. Кроме того, достоверно установлено, что на устойчивость против выгорания ПВВ влияет его поджигаемость, т.е. способность воспламеняться под действием воспламеняющего импульса. Оказалось, что чем труднее ПВВ воспламеняется, т.е. имеет низкую поджигаемость, тем больше вероятность того, что при взрывных работах данное ПВВ не даст выгораний. Поэтому в настоящее время основными методами определения устойчивости ПВВ против выгорания являются методы, основанные на определении его поджигаемости от сгорающего воспламенителя или нагреваемого электрическим током источника. В Украине принят метод определения устойчивости против выгорания, основанный на определении навески воспламенителя, состоящего из смеси 50%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и 50% коллоксилина, который воспламеняет образец ПВВ в окружении угольной пыли, находящейся в герметичной манометрической бомбе объемом 120...150 см<sup>3</sup>. При испытании определяют массу навески воспламенителя, которая вызывает 50% воспламенений испытываемого образца ПВВ –  $\text{P}_{50}$ . За рубежом наиболее распространен метод Одибера-Дельмаса, разработанный во Франции в начале XX века, а затем в 50-тые годы XX века усовершенствован в Германии Аренсом, в Бельгии – Гоффардом. Суть метода проста и заключается в воспламенении патрона ПВВ, окруженного угольной оболочкой, с помощью нагреваемого электрическим током элемента (рис. 4.2). Степень герметизации камеры, в которой осуществляется воспламенение, изменяется с помощью специальной съемной крышки, в которой имеется калиброванное сопло диаметром 1,5...2,0 мм.

#### Порядок выполнения работы.

Руководитель работы знакомит студентов с установкой, в которой производят определение устойчивости ПВВ против выгорания. Установка является составной частью метода Одибера-Дельмаса, который состоит в следующем. Заряд из стандартных патронов устанавливается вертикально в стальной трубе длиной 0,35 м и внутренним диаметром 0,052 м. С одной сто-

роны труба закрыта пробкой на резьбе, а с другой имеется сопло, диаметр которого 2 мм. Верхний торец патрона из бумаги срезают. В верхний слой ПВВ, который представляет собой воспламенитель массой 20 г (19 г испытуемого ПВВ и 1 г угольной пыли), помещают нагревательный элемент, представляющий собой нихромовую проволоку диаметром 0,5...0,7 мм, свернутую в спираль длиной 12...15 мм. Заряд окружают оболочкой из угольной пыли, толщиной 8 мм. Устанавливают сопло и переносят установку во взрывную камеру, где проводники нагревательного элемента соединяют с источником постоянного тока через реостат и амперметр. Элемент нагревают в течение 3 мин. электрическим током в 3А. За горением ПВВ наблюдают через защитное окно во взрывной камере. Навеска воспламенителя сгорает и воспламеняет ПВВ, которое сгорает и продукты его горения истекают через сопло. Чем лучше горит ПВВ тем на большую длину распространяется по заряду горение. Поэтому определяют длину распространения горения в заряде. Чем меньше длина сгоревшей части патрона ПВВ, тем больше его устойчивость против выгорания.

По окончании выделения длины через сопло выжидают 10...15 минут и подходят к установке, которая должна быть не горячей и не проявлять признаков горения в ней ВВ. Если это так, то извлекают из нее патрон и измеряют его длину -  $L_{ост}$ . Длину сгоревшей части определяют путем вычитания  $L_{ост}$  из исходной длины патрона. Если величина сгоревшей части патрона ПВВ не превышает длину 3...4 см, то данное ПВВ можно отнести к устойчивым против выгорания, в противном случае ПВВ не обладает необходимой устойчивостью против выгорания.

Результаты работы студенты заносят в рабочий журнал и готовят отчет по данной работе, в котором излагают полученные результаты и объясняют, чем отличаются ПВВ устойчивые против выгорания от неустойчивых, например, аммониты Т-19 и Г-5.

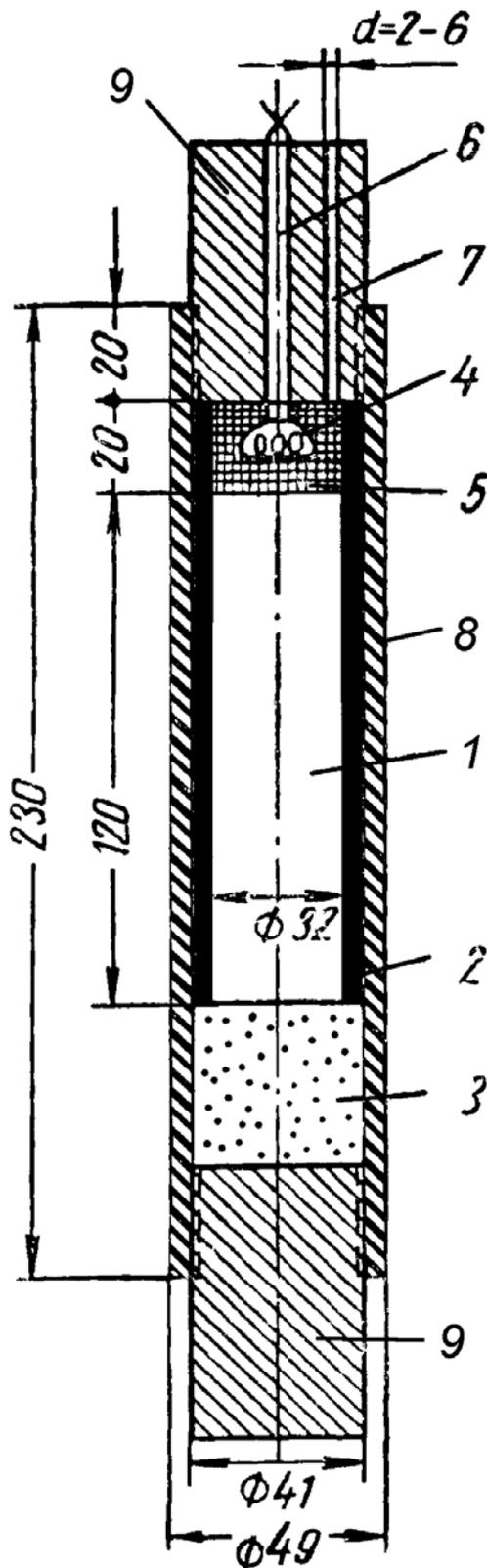


Рис. 4.2. Приспособление для определения устойчивости против выгорания, которое использовал Г.Аренс (Германия)

- 1 – патрон ПВВ;
- 2 – оболочка патрона, окруженная угольной пылью;
- 3 – глиняная забойка;
- 4 – нагреваемая электрическим током спираль;
- 5 – воспламенитель из ПВВ и угольной пыли;
- 6 – асбестовое уплотнение;
- 7 – калиброванное сопло в виде канала;
- 8 – металлическая труба;
- 9 – специальные пробки с резьбой.

## Глава 5. Определение безопасных расстояний при взрывах

### Лабораторная работа № 18

Тема: **Разрушающее действие воздушных ударных волн.**

Цель работы: изучение основных закономерностей движения ударных воздушных волн. Определение основных параметров ударной воздушной волны, характеризующих её разрушительное действие в зависимости от параметров ВВ и расстояния до заряда.

При взрыве заряда ВВ в воздухе происходит разлет продуктов детонации, представляющих собой плотный неидеальный газ, со сверхзвуковой скоростью. Возникающая граница раздела между продуктами детонации и воздухом окружающим заряд будет двигаться со скоростью большей, чем скорость продуктов детонации, что с самого начала процесса расширения приведет к падению давления в них. В результате по продуктам взрыва пойдет волна разрежения; по воздуху, вовлеченному в движение, пойдет ударная волна.

Воздушная ударная волна представляет собой распространяющуюся со сверхзвуковой скоростью зону сильно сжатого воздуха. Передняя граница волны называется фронтом, в котором давление воздуха наибольшее.

Основными параметрами ударной волны являются: избыточное давление во фронте -  $\Delta P_{\phi}$ , скоростной напор воздуха -  $\Delta P_{ск}$  и время действия ударной волны -  $t_{y.в.}$ .

Ориентировочная оценка величины избыточного давления  $\Delta P_{\phi}$  во фронте ударной волны при взрыве заряда из тротила может быть определена по формуле М.А. Садовского:

$$\Delta P_{\phi} = \left( 0,76 \frac{\sqrt[3]{C}}{R} + 2,55 \frac{\sqrt{C^2}}{R^2} + 6,5 \frac{C}{R^3} \right) \cdot 10^5, \frac{H}{M^2}, \quad (5.1)$$

где  $C$  – масса заряда ВВ, кг;

$R$  – расстояние от заряда, м.

Тогда остальные величины, характеризующие ударные волны, легко выражаются через величину избыточного давления  $\Delta P$  во фронте:

Скорость ударной волны –  $D_{y.д} = 340 \sqrt{1 + 0,83 \Delta P}$ , м/с; массовая скорость воздуха за фронтом ударной волны  $U = \frac{235 \Delta P}{\sqrt{1 + 0,83 \Delta P}}$ ; плотность

$\rho_1 = 1,23 \frac{6 \Delta P + 7,2}{\Delta P + 7,2}$ , кг/м<sup>3</sup>; температура  $T_1 = 288 \frac{(1 + \Delta P)(\Delta P + 7,2)}{6 \Delta P + 7,2}$ , °K; давле-

ние скоростного напора  $\Delta P_{ск} = 2,5 \frac{\Delta P^2}{\Delta P + 720}$ , кПа ( $\Delta P$  в кПа); длительность

действия ударной волны  $t_{y.в.} = 1,5 \sqrt{C} \sqrt{R} \cdot 10^{-3}$ , с.

Регистрация давления во фронте ударной волны или скорости ее рас-

пространения осуществляется датчиками давления, принципиальная схема которого показана на рис. 5.1.

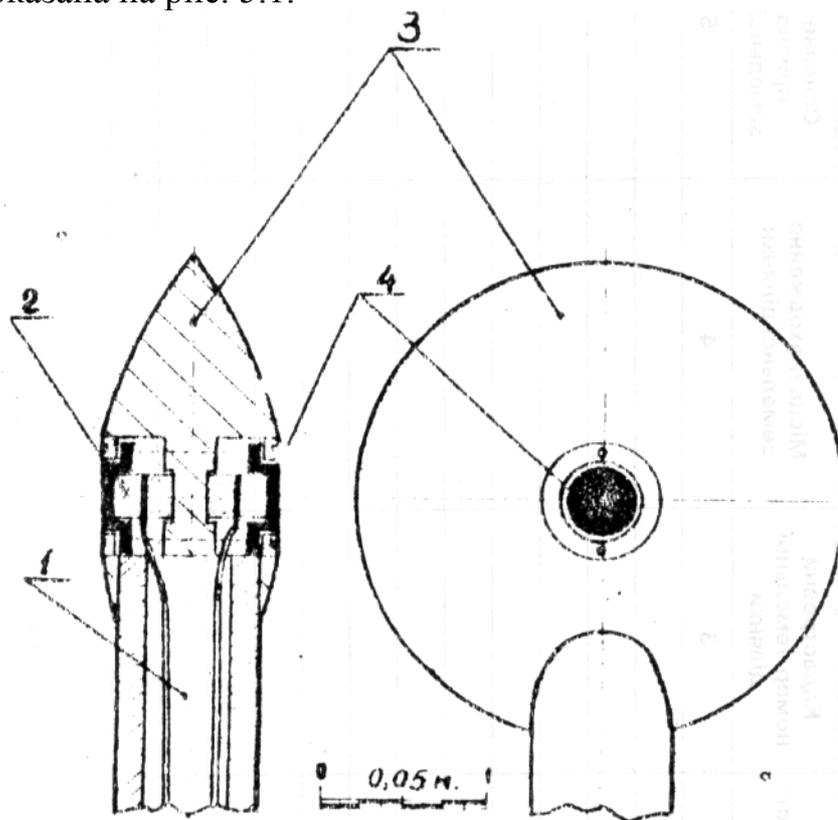


Рис. 5.1. Принципиальная схема датчика давления  
1 – коаксиальный кабель; 2 – пьезоэлементы; 3 – корпус; 4 – мембраны.

В качестве индикатора давления использованы пьезоэлементы в виде таблеток диаметром 10мм и толщиной 5мм из цирконата титаната свинца – ЦТС-19, который обеспечивает качество записи давления и чувствительность метода на уровне естественных пьезокристаллов. Измерение величины давления во фронте ударных волн производится путем предварительного тарирования всего регистрирующего тракта, включающего датчик, соединительный бронированный кабель, осциллограф С1-19Б, ударными волнами известной амплитуды. Для этого изготавливают тротиловые заряды с плотностью  $1,6 \text{ г/см}^3$  диаметром равным высоте заряда. Давление в калибрующих ударных волнах рассчитывается по формуле М.А. Садовского (3.14). Тарировочная зависимость представляет собой изменение напряжения, возникающего на отклоняющих пластинах осциллографа под действием ударной волны на датчик давления. По результатам тарировки строят график, который отражает соотношение между давлением в ударной волне и напряжением, возникающим на пьезокристалле датчика.

#### Порядок выполнения работы.

Руководитель работы знакомит студентов с датчиком давления, с помощью которого производят измерение избыточного давления во фронте

ударной волны. Объясняет принцип работы датчика и порядок выполнения работы. Определяют параметры воздушных ударных волн образованных взрывом заряда аммонита 6ЖВ массой 135 г. Для этого готовят заряд диаметром 40 мм и плотностью  $1,0 \text{ г/см}^3$  из аммонита 6ЖВ.

Заряд подвешивают в центре взрывной камеры на высоте не менее 1,5 м от земли. Расстояние от заряда до датчика принимают равным 1,0 м. Заряд аммонита 6ЖВ взрывают и на осциллографе регистрируют изменение давления во фронте волны во времени. Измеряя амплитуду напряжения на осциллограмме и время действия ударной волны на датчике, находят с помощью графика, на который наносится зависимость, описывающая изменение напряжения от величины избыточного давления во фронте ударной волны величину  $\Delta P_{\text{ф}}$ , которую в дальнейшем используют для расчета скорости ударной волны, массовой скорости воздуха за её фронтом, плотности воздуха во фронте волны и его температуру, давление скоростного напора  $\Delta P_{\text{ск}}$  и длительность действия ударной волны.

Полученные результаты заносятся в рабочий журнал. На основании величины параметров ударной волны, полученной от взрыва открытого заряда аммонита 6ЖВ, студенты должны сделать заключение о характере действия ударной волны и её разрушающем воздействии на преграды и об её опасности для человека. Результаты работы оформляются в виде отчета.

## ЧАСТЬ II

### ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ИСПЫТАНИЮ СРЕДСТВ ИНИЦИИ- РОВАНИЯ

#### Глава 6. Изучение промышленных средств инициирования

##### Лабораторная работа № 19

Тема: **Изучение средств инициирования.**

Работа состоит из 2-х этапов.

**Цель первого этапа работы** – ознакомление с современными средствами инициирования (СИ), применяемыми в горной промышленности Украины.

#### Порядок выполнения работы

Студенты по макетам, установленным в лаборатории БВР, имитациям, плакатам и проспектам знакомятся с ассортиментом современных средств инициирования (капсюль-детонаторами, электродетонаторами, детонирующим шнуром, огнепроводным шнуром, зажигательным и электрозажигательными патрончиками, зажигательным (тлеющим) фитилём).

Результаты работы по изучению капсюль-детонаторов и электродетонаторов заносят в табл. 6.1.

Второй этап работы состоит из двух подэтапов.

Таблица 6.1

#### Промышленные капсюль-детонаторы и электродетонаторы для открытых горных работ и угольных шахт

| Тип<br>(шифр)                                  | Время срабатывания,<br>мс | Разброс по<br>времени срабатывания,<br>мс | Индекс на<br>бирке | Цвет окраски<br>придонного<br>участка | Область<br>применения |
|--|---------------------------|---|--------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 1  | 2                         | 3   | 4                  | 5                                     | 6                     |
| Капсюль-детонаторы                             |                           |   |                    |                                       |                       |
|  |                           |   |                    |                                       |                       |
| Электродетонаторы мгновенного действия         |                           |   |                    |                                       |                       |
|  |                           |   |                    |                                       |                       |
| Электродетонаторы короткозамедленного действия |                           |   |                    |                                       |                       |
|  |                           |   |                    |                                       |                       |
| Электродетонаторы замедленного действия        |                           |   |                    |                                       |                       |
|  |                           |   |                    |                                       |                       |

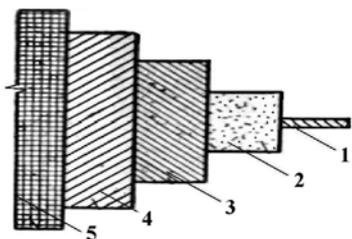


Рис. 6.1. Строение огнепроводного шнура ОШП

Цель первого подэтапа – ознакомление с внешним видом и устройством огнепроводного (рис. 6.1) и детонирующего шнуров.

Порядок выполнения работы. При ознакомлении с внешним видом огнепроводного и детонирующего шнуров студенты тщательно осматривают отрезки шнуров, измеряют их диаметры, затем расплетают оплетки, знакомятся с

устройством шнуров, делают соответствующие зарисовки и записи в таблице 6.2.

Таблица 6.2

### Характеристики огнепроводных и детонирующих шнуров

| Наименование | Цвет шнура | Материал сердцевины | Диаметр шнура, мм | Кол-во нитяных оплеток | Кол-во слоев асфальта | Кол-во слоев парафина | Наличие пластиковой оболочки | Область применения |
|--------------|------------|---------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------|
|              |            |                     |                   |                        |                       |                       |                              |                    |

**Цель второго этапа:** ознакомление с внешним видом и устройством капсулей – детонаторов и электродетонаторов; определение величины замедления и области применения электродетонаторов.

### Порядок выполнения работы

При изучении капсулей – детонаторов и электродетонаторов студенты тщательно осматривают натуральные детонаторы и их макеты, знакомятся с внешними признаками и устройством их, и делают соответствующие записи в табл. 6.3, а также необходимые рисунки. По номерам на бирках устанавливают величину замедления, а по наличию предохранительного покрытия - область применения.

Таблица 6.3

### Характеристики капсулей-детонаторов и электродетонаторов

| Наименование капсулей-детонаторов и электродетонаторов | Длина гильзы, мм | Диаметр гильзы, мм | Масса заряда, г | Материал гильзы | Наличие детонаторных проводов | Номера на бирке | Цвет придонной части гильзы | Величина замедления | Область применения |
|--|------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|--------------------|
|  |                  |                    |                 |                 |                               |                 |                             |                     |                    |

Студенты обязаны знать требования ЕПБ 11, 16, 124.

## Глава 7. Испытания детонаторов

### Лабораторная работа № 20

Тема: **Испытания капсюлей-детонаторов (КД).**

Цель работы: ознакомить студентов с методами испытаний, которые должны проходить капсюли-детонаторы, поступившие на горные предприятия.

От каждой поступившей партии вскрывают не менее двух ящиков и отбирают не менее 200 капсюлей-детонаторов.

Металлические гильзы не должны иметь трещин или раковин, а бумажные гильзы - отслаиваемой бумаги у дульца, препятствующей введению огнепроводного шнура (ОШ). Внутренняя поверхность металлических и бумажных гильз не должна иметь следов засоренности. Кроме того, у капсюлей-детонаторов в бумажных гильзах не должно быть сколов тетрила у дна гильзы.

При наличии названных дефектов всю партию бракуют, составляют рекламационный акт, экземпляр которого высылают заводу-изготовителю. Вопрос о возможности дальнейшего использования партии решается комиссией с участием завода-изготовителя. Отобранные с дефектами капсюли-детонаторы подлежат уничтожению в установленном порядке.

Испытание на тряску производят на специальном приборе, для чего из числа проверенных при наружном осмотре КД отбирают 20 детонаторов и укладывают в коробку: 10 дульцами вниз и 10 дульцами вверх. Свободные места заполняют пустыми гильзами. Подготовленную коробку с КД помещают в ящик прибора, свободное место заполняют коробками или картоном.

Испытание на иницирующую способность производят подрывом 50 КД, из числа прошедших наружный осмотр, в муфелях на круглых или квадратных пластинках из прокатанного свинца. При этом КД помещают вертикально доньшком вниз, а конец огнепроводного шнура (ОШД-А) вводят в отверстие гильзы до отказа.

### Порядок выполнения работы

Руководитель работы знакомит студентов с порядком выполнения испытаний капсюлей-детонаторов по пробиванию пластинки. Испытание выполняют следующим образом. На отрезок железной трубы диаметром 30...35 мм помещают квадратную (40x40 мм) или круглую пластину диаметром 40...45 мм из чистого листового свинца. Толщина пластины должна быть 5 мм. Трубку с пластинкой устанавливают во взрывной камере и в центре пластинки строго вертикально закрепляют испытуемый капсюль-детонатор, взрываемый при помощи огнепроводного шнура.

Капсюль-детонатор считается выдержавшим испытание, если он пробивает в пластине сквозное круглое отверстие, диаметр которого не меньше диаметра гильзы капсюля. Результаты испытаний по окончании работы заносят в рабочий журнал. При написании отчета студенты должны описать дополнительные показатели эффективности действия капсюля на пластину по характеру следов, оставляемых осколками гильзы КД. Следы в виде тонких лучей показывают высокую бризантность капсюля, отсутствие следов или их небольшое количество указывает на низкое бризантное действие взрыва. Кроме диаметра пробивного отверстия и характера следов на пластинке, оценка действия КД может быть произведена также по потере в весе свинцовой пластинки. Заключение об иницирующей способности КД по массе выбитого из пластинки свинца студенты делают самостоятельно.

### Лабораторная работа № 21

#### Тема: **Испытания электродетонаторов (ЭД).**

Цель работы: Ознакомить и научить проводить испытания электродетонаторов перед выдачей их мастерам-взрывникам на расходных складах, а также при проверке ЭД на групповое взрывание на базисных складах.

От партии ЭД из двух ящиков и не менее чем из 20 коробок отбирают 200 ЭД, которые подвергают наружному осмотру.

Если ЭД снаряжены в металлические гильзы, то на гильзах не должно быть окисления, загрязнения, трещин, помятостей или раковин. У ЭД, снаряженных в бумажные гильзы, не должно быть отслаивания бумаги в местах склеивания, а также разломачивания бумажных гильз и сколов тетрила у дна гильзы ЭД.

Проверка электрического сопротивления. При проверке на расходных складах электрического сопротивления ЭД помещают в специальное предохранительное (защитное) устройство, чтобы при взрыве ЭД осколки не могли травмировать проверяющего. Защитное устройство (например, из отрезка стальной трубы, футерованной внутри резиной или войлоком) предварительно испытывают на полигоне на прочность и надежность защиты путем взрыва в нем одного ЭД.

Сопротивление ЭД должно соответствовать сопротивлению, указанному на этикетках коробок. При получении отклонений сопротивлений от указанных на этикетках такие ЭД бракуют, не допускают к применению и составляют рекламационный акт, экземпляры которого высылают заводу-изготовителю, вышестоящей хозяйственной организации и институту по безопасности работ.

Проверку ЭД на групповое взрывание на базисных складах производят в том случае, если их хранят свыше гарантийного срока или же имеются сомнения в доброкачественности ЭД.

В соответствии с ГОСТ 9089-75, из разных ящиков проверяемой партии отбирают 60 электродетонаторов, которые на 3 ч. помещают в воду с температурой от  $-4^{\circ}$  до  $+25^{\circ}\text{C}$  на глубину 2 м. Затем из этих электродетона-

торов составляют три последовательные группы по 20 шт. и каждую воспламеняют постоянным током в 1 А. При отсутствии отказов партия испытуемых ЭД признается пригодной для использования, а при появлении двух отказов или более - бракуется. Если отказывает один ЭД, то производят повторные испытания, при этом воспламеняется 12 групп по 20 ЭД, прошедших замачивание. При отсутствии отказов партию ЭД можно применять в обводненных местах.

Для выяснения возможности применения испытуемых партий ЭД в сухих местах производят вторую серию испытаний, но без предварительной замочки ЭД. Если при воспламенении трех групп по 20 ЭД отказов не будет или если при отказе одного ЭД повторное воспламенение шести групп отказов не даст, то ЭД испытуемой партии можно применять в сухих местах. Если же при повторном испытании появится хотя бы один отказ, то партия ЭД бракуется.

Если при воспламенении трех групп ЭД, подвергшихся замочке, откажет один ЭД и это произойдет не по причине его промокания, то испытуемую партию нельзя применять в шахтах, опасных по газу или пыли. При испытании ЭД на групповое взрывание в качестве источника тока используют аккумуляторную батарею емкостью не менее 20 А·ч.

Известно, что в условиях шахты при ведении взрывных работ заряды взрывчатых веществ могут значительно переуплотняться в шпурах и, таким образом, в определенной степени терять восприимчивость к инициирующему действию электродетонаторов. Чем больше переуплотняются заряды, тем более мощный инициирующий импульс необходим для того, чтобы они детонировали с нормальной скоростью. Таким образом, мерой, определяющей величину инициирующей способности электродетонатора, может служить степень переуплотнения взрываемого заряда ВВ.

#### Порядок проведения испытаний.

Руководитель работы знакомит студентов с порядком её выполнения. Для определения инициирующей способности ЭД из аммонита Т-19 (Г-5) прессуют шашки диаметром  $32 \pm 0,5$  мм и высотой  $35 \pm 1$  мм различной плотности. Заряд состоит из двух прессованных шашек одинаковой плотности и контрольного патрона от ВВ той же партии. Первая шашка (активная) имеет гнездо под ЭД. Вторая шашка (пассивная) устанавливается впритык друг к другу, а патрон-боевик на расстоянии 20 мм по оси заряда как показано на рис. 7.1.

Если испытуемый детонатор обеспечивает полную детонацию заряда, то в следующем опыте используют шашки более низкой плотности. При

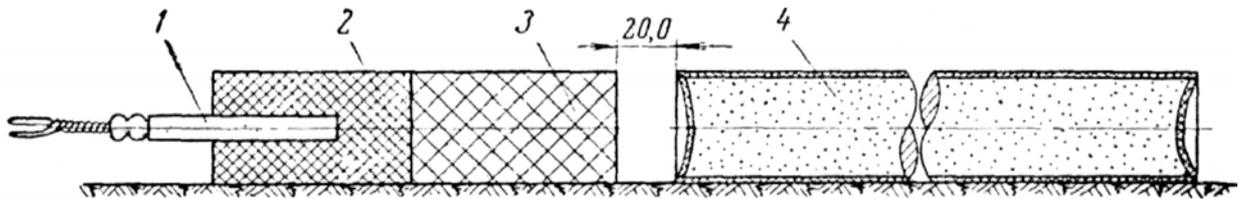


Рис. 7.1. Схема заряда для проведения испытаний электродетонаторов:  
 1 — электродетонатор; 2 — шашка активная; 3 — шашка пассивная;  
 4 — патрон контрольный

проведении 10-ти параллельных опытов находят опытным путем плотность шашек ВВ, при которой электродетонатор их постоянно инициирует. Результаты опытов заносят в журнал. При оформлении результатов работы в отчете необходимо дать объяснение отчего зависит инициирующая способность ЭД.

## Глава 8. Испытания огнепроводного и детонирующего шнуров

### Лабораторная работа № 22

Тема: **Испытание огнепроводного шнура (ОШ).**

Цель работы: Изучить методы и порядок проведения испытаний огнепроводного шнура.

От партии вскрывают один ящик, в котором для всех бухт ОШ наружным осмотром устанавливают наличие переломов, трещин в оболочке, разломачивания концов, следов подмочки и прочих дефектов. При обнаружении этих дефектов всю партию бракуют, составляют рекламационный акт, который высылают заводу-изготовителю, в институт по безопасности работ. Все бухты шнура с дефектами бракуют и уничтожают.

Из прошедших наружный осмотр отбирают 2% бухт, которые подвергают другим видам испытаний.

Испытание на водостойкость. ОШ испытывают по всем показателям только после выдерживания его в воде: ОША — в течение 1 ч, ОШДА и ОШП — в течение 4 ч на глубине 1 м, причем концы бухт шнура ОШП заделывают водоустойчивой мастикой. Шнур, давший хоть одно затухание после замачивания в воде, допускается только для работ в сухих забоях.

Испытание на скорость, полноту и равномерность горения. Отобранные для испытаний бухты шнура разматывают и от каждой бухты с одного конца отрезают 5 см, затем отрезают отрезок длиной 60 см. Подготовленные отрезки шнура зажигают и устанавливают время горения каждого отрезка. Скорость горения ОШ длиной 60 см должна быть не менее 60 с и не более 70 с. ОШ, давший хотя бы одно затухание, а также большее или меньшее время горения, бракуют.

Оставшиеся от испытания на скорость горения бухты шнура разматывают на площадке и поджигают. Шнур должен гореть равномерно, без хлоп-

ков и прорывов пучка искр через оболочку, а также без затухания горения пороховой сердцевины и воспламенения оболочки. Если отмечено хотя бы одно затухание или другие указанные выше дефекты, то партию подвергают вторичному испытанию с удвоенным количеством шнура. При обнаружении указанных дефектов всю партию бракуют, составляют рекламационный акт, который высылают заводу-изготовителю, в институт по безопасности работ. Вопрос о дальнейшем его применении решает комиссия с участием представителя завода-изготовителя.

Испытание шнура на теплостойкость проводят выдерживанием в течение 2 ч в термостате бухт шнура ОША и ОШДА при температуре  $+45\pm 1^\circ\text{C}$ , а шнура ОШП — при  $+50\pm 1^\circ\text{C}$ . После извлечения из термостата бухты ОШ выдерживают то 20 до 25 мин. при  $20\pm 5^\circ\text{C}$ , после чего витки шнура в бухте отделяют один от другого. Слипание витков шнура в бухте и нарушение оболочки шнура не допускается.

Испытание на морозостойкость проводят выдерживанием в течение 1 ч в термостате бухт шнура ОША и ОШДА при  $-25\pm 2^\circ\text{C}$ , а шнура ОШП — при  $-35\pm 2^\circ\text{C}$ . После извлечения из термостата ОШ каждой бухты перегибают в трех местах полным оборотом вокруг деревянного стержня диаметром  $75\pm 2\text{ мм}$  для шнура ОША и ОШДА и диаметром  $25\pm 2\text{ мм}$  для шнура ОШП. На шнуре не должно быть видимых трещин и внутренних переломов.

Испытание ОШ на водонепроницаемость проводят выдерживанием в воде на глубине 1 м бухт шнура ОША в течение 1 ч, а бухт шнура ОШДА и ОШП в течение 4 ч (при температуре воды от 15 до  $20^\circ\text{C}$ ). Концы ОШ марки ОШП выводят на поверхность воды. Не позднее чем через 4 ч после извлечения из воды ОШ испытывают на полноту горения.

Диаметр шнура проверяют в трех местах по длине шнура в каждой бухте с точностью измерения не менее 0,1 мм, длину — с точностью не менее 10 мм.

#### Порядок выполнения работы.

Для проверки времени горения от каждой бухты отрезают пять отрезков шнура по  $600\pm 3\text{ мм}$  каждый. Предварительно с обоих концов каждой бухты отрезают и удаляют не менее 50 мм шнура. Испытываемые отрезки шнура сжигают, измеряя время горения до 1 с.

При проведении испытаний фиксируют фактическое атмосферное давление. Из полученных данных отбирают предельные значения времени горения отрезков ОШ и вычисляют время горения, приведенное к нормальному атмосферному давлению, а именно

$$t_n = t_p - 0,04 \cdot (760 - p), \quad (8.1)$$

где  $t$  - измеренное время горения отрезков шнура, с;  
 $p$  - атмосферное давление в момент испытания, мм. рт. ст.

Проводят 3 параллельных опыта и определяют среднее время горения ОШ и определяют скорость горения. Скорость горения ОШ должна находиться в пределах 0,9...1,05 м/с. Результаты испытаний оформляются в виде отчета.

### Лабораторная работа № 23

#### Тема: **Испытания детонирующего шнура (ДШ).**

Цель работы: изучить методы испытания ДШ, определения восприимчивости его к детонации от ЭД, определения скорости детонации и инициирующей способности.

От каждой партии вскрывают один ящик, в котором во всех бухтах ДШ наружным осмотром устанавливают наличие или отсутствие дефектов: нарушение целостности оболочки, переломы, утонение и утолщение. Если число бухт с дефектами более 10% бухт, подвергшихся осмотру, всю партию ДШ бракуют.

Испытание на безотказное взрывание по установленным схемам. От трех бухт отрезают по пять отрезков ДШ длиной 1 м, а оставшиеся 45 м разматывают и располагают в качестве магистральной линии. К каждой из трех магистральных линий присоединяют на некоторых расстояниях отрезки ДШ и располагают в направлении по ходу детонации шнура. Присоединение отрезков к магистральной линии шнура должно быть таким, какое применяют на данных взрывных работах. При соединении отрезков внакладку конец шнура плотно прилегает к магистрали на длину 10 см, отрезки скрепляют изоляционной лентой или шпагатом.

Концы магистральных линий ДШ, если бухта состоит из отдельных кусков, соединяют между собой последовательно внакладку. К одному из концов магистрали подсоединяют ЭД или зажигательную трубку и с расстояния не менее 50 м производят взрывание. ДШ, давший при взрыве в трех схемах более одного отказа на магистрали или более двух отказов по детонации в подсоединенных пяти отрезках, бракуют.

Если ДШ применяют в обводненных условиях, то испытание на безотказность взрывания производят после замачивания шнура в воде. Замачивание производят на глубине 1 м. Если шнур применяют в мокрых условиях, то замачивают в течение 1 ч, для работ в воде — 4ч. Для испытания ДШ на водонепроницаемость используют отрезок длиной 5м. Концы отрезка перед погружением его в воду герметизируются изолирующей мастикой. После выдержки в воде отрезок шнура вынимают и разрезают на пять равных частей и связывают их один с другим в одну линию морскими узлами. Соединенный таким образом шнур испытывают на безотказность взрывания. При этом шнур должен детонировать полностью.

Если концы шнура не выдерживают испытания на водонепроницаемость, то их дополнительно испытывают на безотказность взрывания

без замачивания и в случае положительных результатов данную партию допускают для сухих условий работ.

Испытание шнура на эластичность производят на 10 отрезках длиной 1 м каждый.

Перед испытанием по пять отрезков шнура выдерживают в течение 2 ч: шнура ДШ-А при температурах  $-28\pm 3^{\circ}\text{C}$  и  $+50\pm 3^{\circ}\text{C}$ , шнура ДШ-В при температурах  $-35\pm 3^{\circ}\text{C}$  и  $+55\pm 3^{\circ}\text{C}$ , шнуров ДШЭ-12 и ДШЭ-9 при температуре  $-50\pm 3^{\circ}\text{C}$  и  $+80\pm 3^{\circ}\text{C}$ . После этого каждый отрезок шнура подвергают в трех местах четырехкратному перегибу на стержне диаметром 5 мм под углом  $90^{\circ}$  попеременно в обе стороны: выпячивание тэна и выступление внутренних оплеток в местах перегиба не допускается.

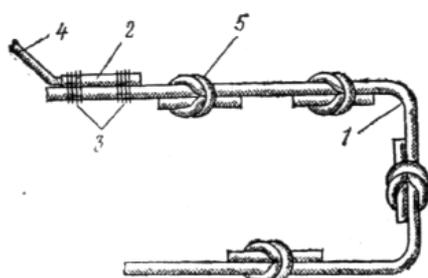


Рис. 8.1. Испытание ДШ на эластичность:

- 1 — ДШ;
- 2 — ЭД или КД;
- 3 — шпагат или нитки;
- 4 — ОШ;
- 5 — морской узел

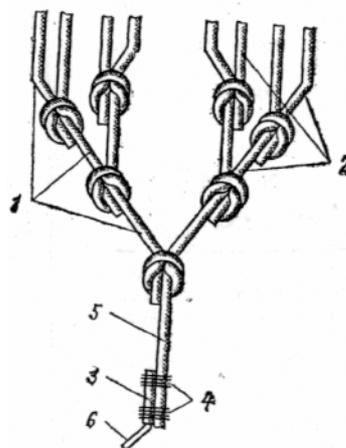


Рис. 8.2 Испытание ДШ на температуроустойчивость:

- 1 — ДШ (четыре отрезка по 3 м);
- 2 — ДШ (три отрезка по 3 м);
- 3 — ЭД или КД № 8;
- 4 — шпагат или нитки;
- 5 — ДШ (4 м); 6-ОШ

После испытания на эластичность (рис. 8.1) отрезки шнура связывают и подрывают электродетонатором или капсулем-детонатором — шнур должен полностью детонировать.

Испытание детонирующего шнура на прочность производят от каждой пятой партии на разрывной машине путем закрепления отрезка шнура в зажимах с расстоянием между ними 150...200 мм. При постепенном и плавном нагружении до нагрузки в 490,5 Н шнур не должен обрываться. После окончания испытания шнур обрезают вблизи зажимов и испытывают на полноту детонации: он должен полностью детонировать.

Испытание на температуроустойчивость шнура при нагревании проводят на пятиметровом отрезке шнура, который свернут в бухту диаметром 150...300 мм, и выдерживают в течение 6 ч: при температуре  $+50\pm 3^{\circ}\text{C}$  для

ДШ-А, при температуре  $+55\pm 3^{\circ}\text{C}$  для шнура ДШ-В и при температуре  $+80\pm 3^{\circ}\text{C}$  для ДШЭ-12 и ДШЭ-9. Шнур вынимают, осматривают, чтобы установить, нет ли оплавления изолирующего покрытия, разрезают на пять частей (рис. 8.2) и подрывают детонатором, причем шнур должен полностью детонировать.

Испытание на температуроустойчивость при охлаждении проводят на отрезках разной длины с выдержкой 2 ч: при температуре  $-28\pm 3^{\circ}\text{C}$  для шнура ДШ-А и ДШ-Б, при температуре  $-35\pm 3^{\circ}\text{C}$  — для шнура ДШ-В. После этого шнур немедленно проверяют на эластичность связыванием его морским узлом; при подрыве электродетонатором детонация должна быть полной.

Испытание на водонепроницаемость. Концы отрезков шнура длиной 5 м изолируют для шнура ДШ-А и ДШ-Б парафином или водоизолирующей мастикой, а на концы шнура ДШ-В надевают металлические колпачки. Затем отрезок шнура, свернутый в спираль, погружают в воду с температурой производственного помещения так, чтобы концы его находились над поверхностью воды. Глубина погружения и время выдержки: для шнура ДШ-А — 0,5 м — 12 ч, для шнура ДШ-Б — 0,5 м — 24 ч, для шнура ДШ-В — 1,0 м — 24 ч. После выдержки в воде отрезок разрезают на пять равных частей, связывают по схеме и подрывают, шнур должен детонировать полностью.

Испытание на водонепроницаемость образцов, прошедших испытание на температуроустойчивость, проводят от каждой пятой партии.

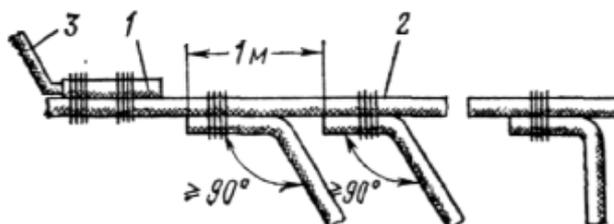


Рис. 8.3. Испытание ДШ на восприимчивость к детонации - к шестиметровому отрезку ДШ подвязывается пять метровых отрезков на расстоянии 1 м один от другого: 1 - ЭД или КД № 8; 2 - ДШ; 3-ОШ.

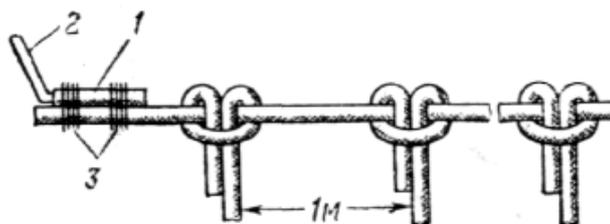


Рис. 8.4. Испытание ДШ на восприимчивость к детонации к шестиметровому отрезку ДШ подвязывается пять отрезков на расстоянии 1 м один от другого морским узлом: 1 - ЭД или КД № 8; 2 - ОШ; 3 – шпагат.

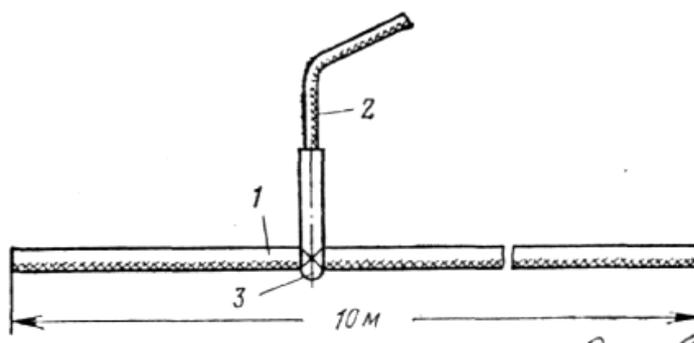


Рис. 8.5. Испытание детонирующего шнура на восприимчивость к детонации: 1-ДШ; 2-ЭД или КД № 8; 3— шпагат или нитки; 4 — ОШ

### Порядок выполнения работы.

Руководитель работы знакомит с порядком проведения испытаний. Испытание на восприимчивость к детонации проводят подрывом шнура, связанного по схемам (рис. 8.3; 8.4; 8.5) по каждой схеме один раз.

Испытание на определение скорости детонации шнура проводят от каждой партии одновременным подрывом двух отрезков шнура длиной по 1250 мм, причем один отрезок - от испытуемой партии, а другой - контрольный - имеет определенную скорость детонации. На расстоянии 25...30 мм (рис. 8.6) от среза шнура на каждом из отрезков делают отметку. От первой отметки отмеривают 1000 мм и делают вторую отметку. Затем оба отрезка укрепляют на свинцовой пластинке так, чтобы вторые отметки на шнуре точно совпадали с риской, делящей пластинку на равные части. Противоположные концы шнура подвязывают к детонатору так, чтобы дно его совпадало с отметками на шнуре.

После подрыва шнура на центральной пластинке измеряют расстояние от центральной риски до места встречи детонационных волн. Скорость детонации определяют по формуле:

$$D_x = DS_x/S, \text{ м/с}, \quad (8.2)$$

где  $D$  - скорость детонации контрольного образца шнура, м/с;  
 $S_x$  - длина отрезка испытуемого шнура от первой отметки до места встречи детонационной волны (выбоина на пластинке), мм;  
 $S$  - длина отрезка контрольного образца шнура от первой отметки до выбоины, мм.

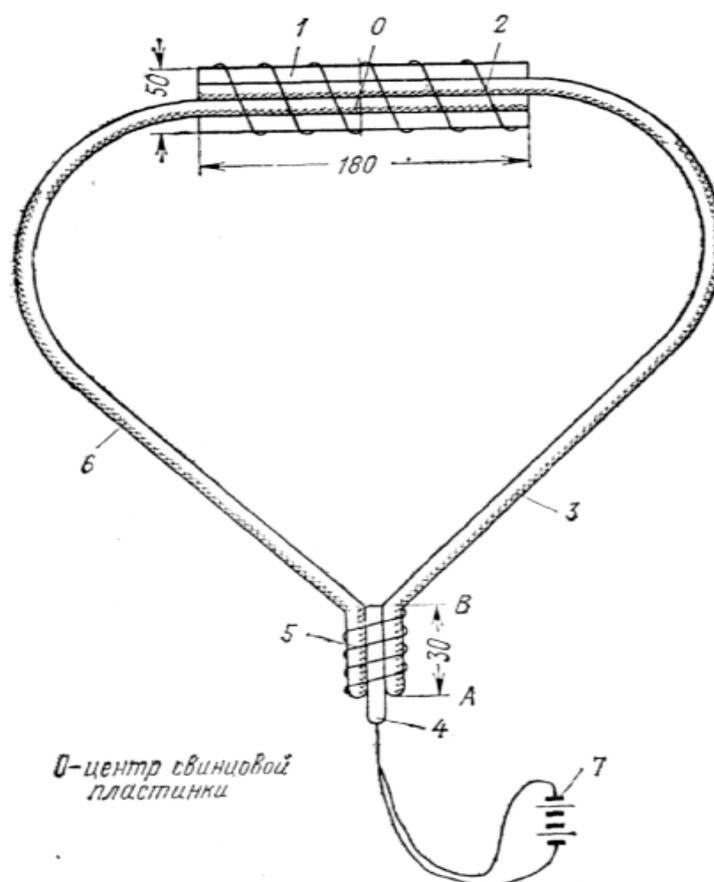


Рис. 8.6. Испытание на скорость детонации:  
 1 - свинцовая пластинка толщиной 5 мм; 2 - шпагат или нитки; 3 - ДШ (определяемый); 4 - ЭД или КД № 8; 5 - шпагат; 6 - ДШ (контрольный); 7 - источник тока. Участок А-В шнура - предназначен для крепления ЭД.

Если  $S = (1000 + a)$ , то  $S_x = (1000 - a)$ ,

где  $a$  - расстояние от средней линии до выбоины на свинцовой пластинке, определяющей место встречи детонационной волны, мм.

Иницирующую способность проверяют на двухметровом отрезке, взятом от каждой партии: производят два определения подрывом 200-граммовой тротиловой шашки в бумажной оболочке, причем шнур прикрепляют к шашке нитками или шпагатом. Концы шнура вставляют в гнездо до упора. Шнур и шашку подрывают детонатором, при этом шашка должна детонировать полностью. Результаты работы заносят в рабочий журнал и оформляют отчет по работе.

### ЧАСТЬ III

## ВЗРЫВНЫЕ ПРИБОРЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

### Глава 9. Изучение принципа работы приборов и приобретение навыков работы с ними

#### Лабораторная работа № 24

Тема: **Изучение принадлежностей электрического взрывания.**

Цель работы: изучить конструктивные особенности, ассортимент и область применения взрывных приборов, а также приборов контроля и измерения сопротивления электровзрывной сети.

#### Порядок выполнения работы

Электрический способ взрывания является обязательным при производстве взрывных работ в шахтах, опасных по газу и разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли, а также во всех случаях, когда своевременный отход мастеров-взрывников (взрывников) на безопасные расстояния или в укрытие при огневом взрывании невозможен или очень затруднен. При электрическом способе взрывания инициирование зарядов ВВ производится с помощью электродетонаторов (ЭД), для воспламенения которых применяют специальные источники тока (взрывные приборы) и провода.

Совокупность электродетонаторов с проводами, соединяющими их между собой и источником тока, называются электровзрывной сетью. К принадлежностям электрического взрывания относятся взрывные и контрольно-измерительные приборы.

Характеристики взрывных приборов приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

#### Взрывные приборы

| Наименование и тип прибора                | Исполнение | Напряжение на конденсаторе, В | Размеры     | Масса, кг | Макс. сопротивл. взрывной цепи при последовательном соединении электродетонаторов, Ом | Число одновременно взрываемых последовательно соединенных электродетонаторов | Область применения   | Изготовитель               |
|---|------------|-------------------------------|-------------|-----------|---|--|--|----------------------------|
| 1   | 2          | 3                             | 4           | 5         | 6   | 7  | 8  | 9                          |
| Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М | РВ         | 600/650                       | 152x122x100 | 2         | 320   | 100  | Шахты и рудники, не опасные по газу или пыли. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности | ПО «Точприбор», г. Харьков |

| 1                                       | 2          | 3       | 4           | 5   | 6    | 7   | 8   | 9                             |
|---|------------|---------|-------------|-----|------|-----|---|-------------------------------|
| Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М | РВ         | 610/670 | 195x126x95  | 2,7 | 320  | 100 | Шахты и рудники, опасные по газу или пыли. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности | Омское ПО «Электроточ-прибор» |
| ВПС-2                                   | Нормальное | 1600    | 172x86x120  | 2,3 | 600  | 200 | Открытые горные работы. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности                    | ПО «Точприбор», г. Харьков    |
| ВПС-2                                   | Нормальное | 3000    | 280x165x165 | 11  | 2100 | 800 | Открытые горные работы. Взрывание групп последовательно соединенных и одиночных электродетонаторов нормальной чувствительности                    | Омское ПО «Электроточ-прибор» |
| ЖЗ-2460                                 | РВ-113     | 1500    |             | 3,0 | 660  | 200 |   |                               |

Сопrotивление ЭД, соответствие его установленным нормами пределам, целостность или сопротивление электровзрывной сети, контроль параметров взрывных приборов осуществляют специальными приборами, допущенными для этих целей. Согласно «Единым правилам безопасности при взрывных работах», взрывные приборы перед выдачей их мастерам-взрывникам необходимо проверять на соответствие их паспортным данным. Для указанной цели служит прибор ПКВИ-ЗМ, позволяющий производить контроль взрывных приборов без их разборки. Прибор ПКВИ-ЗМ предназначен для контроля длительности импульса напряжения, развиваемых конденсаторными взрывными приборами, а также проверки встроенных в них омметров. Прибор рассчитан на проверку в подземных условиях шахт. Проверку предельного сопротивления взрывной цепи, измерение сопротивления ЭД при их проверке перед выдачей производят с помощью измерительных приборов, характеристики которых приведены в табл. 8.2.

Таблица 9.2

Приборы контроля и измерения сопротивления электровзрывной цепи

| Наименование, тип, марка               | Исполнение | Источники питания | Основные размеры, мм | Масса, кг    | Амплитудное значение тока в проверяемой цепи, мА |  | Пределы измерения, Ом | Погрешность, % | Область применения  | Изготовитель           |
|--|------------|-------------------|----------------------|--------------|--|--|-----------------------|----------------|---|------------------------|
|  |            |                   |                      |              | в норм. реж. работы прибора, не более            | при любых возможных повреждениях элементов схемы, не более |                       |                |   |                        |
| 1                                      | 2          | 3                 | 4                    | 5            | 6  | 7  | 8                     | 9              | 10  | 11                     |
| Мост переносной постоянного тока Р3043 | РО И       | Два элемента 373  | 180x160x62           | Не более 1,6 | 7  | 50   | 0,3-30<br>30-3000     | ±5             | Шахты и рудники, опасные по газу или пыли. Измерение сопротивления электродетонаторов (при их проверке перед выдачей в работу) и взрывных цепей | ПО «Краснодарский ЗИП» |

| 1  | 2      | 3                     | 4          | 5            | 6   | 7   | 8             | 9    | 10  | 11                           |
|--|--------|-----------------------|------------|--------------|-----|-----|---------------|------|---|------------------------------|
| Испытатель взрывной светодиодный ВИС-1       | РО И   | 4 аккумулятора Д-0,1  | 135x65x40  | Не более 0,3 | 5   | 50  | 320 (предел)  | ±5   | Шахты и рудники, опасные по газу или пыли. Контроль допустимого сопротивления взрывной цепи и проверка отдельных её элементов путем сравнения контролируемого сопротивления с предельным 320 Ом | ПО «Точприбор», г. Харьков   |
| Метанометр с измерителем взрывной цепи ИМС-1 | РО И С | 3 аккумулятора Д-0,55 | 200x105x90 | 1,5          | 10  | 50  | 0-20<br>0-400 | ±5   | Шахты и рудники, опасные по газу или пыли. Измерение сопротивления взрывной цепи и электродетонаторов. Контроль содержания газа метана в рудничной атмосфере                                    | Омское ПО «Электроточприбор» |
| Индикатор фотоэлектрический Ю140             | -      | Селеновый фотоэлемент | 90x60x30   | 0,2          | 0,3 | 0,3 | 0-10000       | -    | Для проверки электро-взрывных цепей, проводов и электродетонаторов в непосредственной близости от зарядов ВВ  | Ленинградское ПО «Вибратор»  |
| ХН-2570                                      | РО И А |                       |            | 0,4          |     |     | 0,01-20000    | ±1,0 |   |                              |

При ведении взрывных работ в шахтах в качестве соединительных проводов и для прокладки магистралей должны применяться провода для промышленных взрывных работ марки ВП с медными жилами в полиэтиленовой изоляции. Провод выпускается одножильный ВП-1 и двухжильный 2x0,7 ВП: рассчитан на кратковременную эксплуатацию при напряжении 380В и мгновенную – 660В переменного тока или 1500В постоянного тока.

Для прокладки постоянных взрывных магистралей предназначены кабели НГШМ 2x1,5 и НГШН 2x10.

### Лабораторная работа № 25

#### Тема: **Изучение работы взрывных приборов.**

Цель работы: Изучить принцип работы взрывных приборов их характеристики и приобрести навыки работы с ними.

В качестве источника тока для взрывания ЭД в шахтах разрешается применять только исправные конденсаторные взрывные прибора в рудничном взрывобезопасном исполнении. Поэтому необходимо знать основные характеристики взрывных приборов, допущенных к применению в шахтах и уметь проверять их и правильно пользоваться.

#### Порядок выполнения работы.

Руководитель работы знакомит студентов с документацией на взрывные приборы, которые в настоящее время допущены к применению при взрывных работах в угольных шахтах Украины.

Студенты по схемам и руководству по применению прибора изучают

принцип работы и отличия взрывных приборов друг от друга и приобретают навыки работы с ними (на примере взрывных приборов ПИВ-100М и КВП-1/100). Особое внимание уделяется вопросу подсоединения к прибору взрывной линии, установка и извлечение ключа из замка, работа измерителя сопротивления взрывной магистрали. Студенты определяют время зарядки конденсаторов взрывного прибора при этом контролируют, горит ли лампочка контроля и есть ли звук работающего преобразователя напряжения.

В лабораторный рабочий журнал студенты заносят результаты работы, технические характеристики выданных им взрывных приборов, схему соединения взрывного прибора со взрывной магистралью и результат измерения её электрического сопротивления с помощью омметра.

### Лабораторная работа № 26

**Тема: Измерительные и контрольные приборы.**

Цель работы: изучить измерительные и контрольные приборы и научиться ими правильно пользоваться при проверке целостности электровзрывной цепи и определять её сопротивление.

Опыт взрывных работ показывает, что необходимо перед подачей электрического импульса во взрывную цепь проверить её токопроводимость и измерить электрическое сопротивление. Соблюдение и выполнение этих операций позволяет в ряде случаев избежать отказов ЭД и значительно повысить безопасность взрывных работ.

#### Порядок выполнения работы.

Преподаватель выдает студентам наглядные пособия и измерительные приборы. Студенты на схемах изучают принцип работы приборов для измерения омического сопротивления электровзрывных цепей.

В рабочий журнал заносятся характеристики измерительных приборов, измеряют электрическое сопротивление макетов ЭД, а также соединительных проводов.

Результаты работы обрабатывают и используют для написания отчета по работе.

### Лабораторная работа № 27

**Тема: Проверка качества электродетонаторов по электрическому сопротивлению.**

Цель работы: научиться определять электрическое сопротивление ЭД.

Опыт показывает, что более 50% дефектов ЭД можно отсортировать при измерении их электрического сопротивления. Поэтому «Едиными правилами безопасности при взрывных работах» предусмотрена обязательная

проверка качества ЭД по электрическому сопротивлению на складах ВМ перед их выдачей.

#### Порядок выполнения работы.

Преподаватель знакомит студентов с порядком выполнения работы с помощью моста переносного постоянного тока Р3043, который предназначен для измерения сопротивления ЭД при их проверке.

При определении сопротивления электродетонатор должен помещаться в специальное предохранительное устройство, чтобы при случайном взрыве осколки не могли травмировать проверяющего. Предохранительное устройство делается из отрезка стальной трубы, футерованной внутри резиной или войлоком. Рабочий стол должен быть заземлен.

Сопротивление электродетонаторов должно соответствовать сопротивлению, указанному на этикетках коробок. При получении отклонений сопротивления от указанных на этикетках студенты разделяют детонаторы на группы с одинаковыми значениями сопротивлений и делают соответствующие записи в рабочем журнале.

Студенты обязаны знать требования ЕПБ, 15...16, 90, 106.

КВАНТИЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТЬЮДЕНТА ( $q = \frac{1+8}{2}$ )

| Число степеней<br>свободы N-1 | Доверительная вероятность $\gamma^*$ (двухстороннее ограничение) |             |             |             |              |              |
|-------------------------------|--|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
|                               | <b>0,9</b>   | <b>0,95</b> | <b>0,98</b> | <b>0,99</b> | <b>0,998</b> | <b>0,999</b> |
| 1                             | 6,31   | 12,7        | 31,82       | 63,7        | 318,3        | 637,0        |
| 2                             | 2,92   | 4,30        | 6,97        | 9,92        | 22,33        | 31,6         |
| 3                             | 2,35   | 3,18        | 4,54        | 5,84        | 10,22        | 12,9         |
| 4                             | 2,13   | 2,78        | 3,75        | 4,60        | 7,17         | 8,61         |
| 5                             | 2,01   | 2,57        | 3,37        | 4,03        | 5,89         | 6,66         |
| 6                             | 1,94   | 2,45        | 3,14        | 3,71        | 5,21         | 5,96         |
| 7                             | 1,89   | 2,36        | 3,00        | 3,50        | 4,79         | 5,40         |
| 8                             | 1,86   | 2,31        | 2,90        | 3,36        | 4,50         | 5,04         |
| 9                             | 1,83   | 2,26        | 2,82        | 3,25        | 4,30         | 4,78         |
| 10                            | 1,81   | 2,23        | 2,76        | 3,17        | 4,14         | 4,59         |
| 11                            | 1,80   | 2,20        | 2,72        | 3,11        | 4,03         | 4,44         |
| 12                            | 1,78   | 2,18        | 2,68        | 3,05        | 3,93         | 4,32         |
| 13                            | 1,77   | 2,16        | 2,65        | 3,01        | 3,85         | 4,22         |
| 14                            | 1,76   | 2,14        | 2,62        | 2,98        | 3,79         | 4,14         |
| 15                            | 1,75   | 2,13        | 2,60        | 2,95        | 3,73         | 4,07         |
| 16                            | 1,75   | 2,12        | 2,58        | 2,92        | 3,69         | 4,01         |
| 17                            | 1,74   | 2,11        | 2,57        | 2,90        | 3,65         | 3,96         |
| 18                            | 1,73   | 2,10        | 2,55        | 2,88        | 3,61         | 3,92         |
| 19                            | 1,73   | 2,09        | 2,54        | 2,86        | 3,58         | 3,88         |
| 20                            | 1,73   | 2,09        | 2,53        | 2,85        | 3,55         | 3,85         |
| 21                            | 1,72   | 2,08        | 2,52        | 2,83        | 3,53         | 3,82         |
| 22                            | 1,72   | 2,07        | 2,51        | 2,82        | 3,51         | 3,79         |
| 23                            | 1,71   | 2,07        | 2,50        | 2,81        | 3,49         | 3,77         |
| 24                            | 1,71   | 2,06        | 2,49        | 2,80        | 3,47         | 3,74         |
| 25                            | 1,71   | 2,06        | 2,49        | 2,79        | 3,45         | 3,72         |
| 26                            | 1,71   | 2,06        | 2,48        | 2,78        | 3,44         | 3,71         |
| 27                            | 1,71   | 2,05        | 2,47        | 2,77        | 3,42         | 3,69         |
| 28                            | 1,70   | 2,05        | 2,46        | 2,76        | 3,40         | 3,66         |
| 29                            | 1,70   | 2,05        | 2,46        | 2,76        | 3,40         | 3,66         |
| 30                            | 1,70   | 2,04        | 2,46        | 2,75        | 3,35         | 3,65         |
| 40                            | 1,68   | 2,02        | 2,42        | 2,70        | 3,31         | 3,55         |
| 60                            | 1,67   | 2,00        | 2,39        | 2,66        | 3,23         | 3,46         |
| 120                           | 1,66   | 1,98        | 2,36        | 2,62        | 3,17         | 3,37         |
| $\infty$                      | 1,64   | 1,96        | 2,33        | 2,58        | 3,09         | 3,29         |
|                               | 0,95   | 0,975       | 0,99        | 0,995       | 0,999        | 0,9995       |

Значения величин  $\frac{t_q(v)}{\sqrt{n}}$

| $v = n - 1$ | $\frac{t_{0,90}(v)}{\sqrt{n}}$ | $\frac{t_{0,95}(v)}{\sqrt{n}}$ | $\frac{t_{0,975}(v)}{\sqrt{n}}$ | $\frac{t_{0,99}(v)}{\sqrt{n}}$ | $\frac{t_{0,995}(v)}{\sqrt{n}}$ |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1           | 2,18                           | 4,48                           | 8 98                            | 22,5                           | 45,0                            |
| 2           | 1,08                           | 1,69                           | 2,48                            | 4,02                           | 5,73                            |
| 8           | 0,819                          | 1,18                           | 1,53                            | 2,27                           | 2,92                            |
| 4           | 0,685                          | 0,953                          | 1,24                            | 1,67                           | 2,06                            |
| 5           | 0,602                          | 0,823                          | 1,05                            | 1,37                           | 1,64                            |
| 6           | 0,544                          | 0,734                          | 0,925                           | 1,19                           | 1,40                            |
| 7           | 0,500                          | 0,670                          | 0,836                           | 1,06                           | 1,24                            |
| 8           | 0,466                          | 0,620                          | 0,769                           | 0,966                          | 1,12                            |
| 9           | 0,437                          | 0,580                          | 0,715                           | 0,892                          | 1,03                            |
| 10          | 0,414                          | 0,546                          | 0,672                           | 0,833                          | 0,956                           |
| 12          | 0,393                          | 0,494                          | 0,601                           | 0,744                          | 0,847                           |
| 14          | 0,347                          | 0,455                          | 0,554                           | 0,678                          | 0,769                           |
| 16          | 0,324                          | 0,423                          | 0,514                           | 0,627                          | 0,708                           |
| 18          | 0,305                          | 0,398                          | 0,482                           | 0,586                          | 0,650                           |
| 20          | 0,289                          | 0,376                          | 0,455                           | 0,552                          | 0,621                           |
| 22          | 0,275                          | 0,358                          | 0,432                           | 0,523                          | 0,588                           |
| 24          | 0,264                          | 0,342                          | 0,413                           | 0,498                          | 0,559                           |
| 26          | 0,253                          | 0,328                          | 0,396                           | 0,477                          | 0,535                           |
| 28          | 0,244                          | 0,316                          | 0,380                           | 0,458                          | 0,513                           |
| 30          | 0,235                          | 0,304                          | 0,367                           | 0,441                          | 0,494                           |
| 32          | 0,228                          | 0,295                          | 0,354                           | 0,425                          | 0,475                           |
| 34          | 0,221                          | 0,286                          | 0,344                           | 0,413                          | 0,459                           |
| 36          | 0,214                          | 0,278                          | 0,333                           | 0,400                          | 0,447                           |
| 38          | 0,209                          | 0,270                          | 0,324                           | 0,389                          | 0,434                           |
| 40          | 0,203                          | 0,263                          | 0,316                           | 0,378                          | 0,422                           |
| 42          | 0,198                          | 0,256                          | 0,308                           | 0,369                          | 0,411                           |
| 44          | 0,194                          | 0,250                          | 0,300                           | 0,360                          | 0,401                           |
| 46          | 0,190                          | 0,245                          | 0,294                           | 0,352                          | 0,392                           |
| 48          | 0,186                          | 0,240                          | 0,287                           | 0,344                          | 0,383                           |
| 50          | 0,182                          | 0,235                          | 0,281                           | 0,337                          | 0,375                           |
| 55          | 0,173                          | 0,224                          | 0,268                           | 0,320                          | 0,357                           |
| 60          | 0,166                          | 0,214                          | 0,256                           | 0,306                          | 0,341                           |
| 65          | 0,159                          | 0,205                          | 0,245                           | 0,294                          | 0,327                           |
| 70          | 0,154                          | 0,198                          | 0,237                           | 0,283                          | 0,314                           |
| 80          | 0,144                          | 0,185                          | 0,221                           | 0,264                          | 0,293                           |
| 90          | 0,135                          | 0,174                          | 0,208                           | 0,248                          | 0,276                           |
| 100         | 0,128                          | 0,165                          | 0,197                           | 0,235                          | 0,261                           |

|     |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 120 | 0,117 | 0,151 | 0,180 | 0,214 | 0,238 |
| 150 | 0,105 | 0,135 | 0,161 | 0,191 | 0,212 |
| 200 | 0,091 | 0,117 | 0,139 | 0,165 | 0,183 |
| 250 | 0,081 | 0,104 | 0,124 | 0,148 | 0,164 |
| 300 | 0,074 | 0,095 | 0,113 | 0,135 | 0,149 |
| 400 | 0,064 | 0,082 | 0,098 | 0,117 | 0,129 |
| 500 | 0,057 | 0,074 | 0,088 | 0,104 | 0,116 |

## ПЕРЕЛІК

допущених до виробництва і реалізації вибухових речовин промислового виготовлення

ЗАТВЕРДЖЕНО

постановою Кабінету Міністрів України від 13 червня 2000 р., № 941

| Найменування вибухових речовин                | Нормативний документ, на основі якого виготовляються вибухові речовини |
|---|--|
| Гранулотол марок А і Б                        | ГОСТ 25857-83  |
| Тротил лускований                             | ГОСТ 4117-78   |
| Тротил лускований                             | ГОСТ В 7059-73   |
| Грамоніт марки 79/21 ГС                       | ТУУ 3.50 -14015318-032-95  |
| Грамоніт марки 79/21                          | ТУУ 3.50-14015318-066-98   |
| Грамоніт                                      | ГОСТ 21988-76  |
| Амоніт 6ЖВ                                    | ГОСТ 2 1984-76   |
| Амоніт 6ЖВ патронований                       | ТУ 84-1026-84  |
| Амоніт водостійкий                            | ТУУ 3.50-14311844-089-98   |
| Амоніт А, АВ                                  | ТУУ 3.50-14310112-083-98   |
| Грамоніт А                                    | ТУУ 3.50-14310112-084-98   |
| Грануліт АС- 4, АС- 8                         | ГОСТ 21987 – 76  |
| Грануліт -АСК                                 | ТУУ 3.50-14310112- 133-99  |
| Гелекс Р80- Р160 патронований                 | ТУУ 3.50- 14310112-041-97  |
| Гелекс патронований II класу застосування     | ТУУ 3.50-14310112-040-96   |
| Заряд накладний ЗКНВГ                         | ТУУ 3.50-14310112- 120-98  |
| Заряд спеціальний сейсмичний ЗСВГ             | ТУУ 3.50-14310112- 120-98  |
| Заряд ініціатор лінійний                      | ТУУ 3.50-14310112- 140-00  |
| Угленіт 10П                                   | ТУ 12.0174086.001-95   |
| Угленіт 13 П,13 П/1                           | ТУ 12.0174086.002-92   |
| Іоніт   | ОСТ 3-6657-91  |
| Патрон ПІ 2 ЦБ-2М                             | ТУ 12.00173769.024-93  |
| Детоніт М                                     | ГОСТ 2 1986- 76  |
| Угленіт Е-6                                   | ГОСТ 2 1983- 76  |
| Амоніт Т- 19, АП-5ЖВ                          | ГОСТ 2 1982- 76  |
| Амоніт ВК-1                                   | ТУУ 3.501312683- 011-98  |
| Амоніт Ф-5                                    | ТУ 12.00174068.002- 92   |
| Амонал  | ГОСТ21984-76   |
| Амонал М-10                                   | ТУ 7511903-577-92  |
| Речовина вибухова промислова ЗАРС-1, ЗАРС –ІМ | ТУУ 3.50-14312683- 035- 96   |

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| Заряд ДЗС   | ТУ 84-402-49- 90            |
| Тротил вторинний утилізований   | ТУУ 3.50-14015318-036-96    |
| Шашка тротилова пресована прямокутна  | ОСТ 84-1366- 76             |
| Шашка-детонатор для промислово-вибухових робіт                                | ТУУ 3.50-14314452-061-96    |
| Заряд кумулятивний ЗП1-67-150   | ТУУ 13936163.001- 94        |
| Порох для вибухових робіт "Біпори"  | ТУУ 3.50-14015318-117-99    |
| Порох піроксиліновий для вибухових робіт                                      | ТУУ 3.50-14015318-114-99    |
| Амоніт скельний № 1 (у тому числі на основі продуктів утилізації боєприпасів) | ГОСТ 21985-76               |
| Порох димний  | ГОСТ 1028-79                |
| Порох балістичний для вибухових робіт   | ТУУ 3.50-14015318-118-99    |
| Заряд кумулятивний шнуровий марок від ШКЗ-І до ШКЗ-6                          | ТУ 84-988-84                |
| <i>Засоби ініціювання</i>   |                             |
| Електродетонатор запобіжний ЕД-КЗ-ПМ (ОП)                                     | ГОСТ 2 1806- 76             |
| Електродетонатор незапобіжний ЕД-3-Н, ЕД-3-Т, ЕД-1-8-Т                        | ДИШВ 773951.300 ТУ          |
| Електродетонатор незапобіжний ЕД-КЗ, ЕД-3Д                                    | ДИШБ 773951.301 ТУ          |
| Електродетонатор ЕДС-1  | ТУУ 3.50-14314452-039-96    |
| Електродетонатор ЕД-КЗ-ПК (ПКМ)   | ТУ 84-1162- 87              |
| Електродетонатор ЕД-8Ж (Є)  | ГОСТ 9089- 75               |
| Капсуль-детонатор для вибухових робіт КД-8                                    | ГОСТ 6254- 85               |
| Електродетонатор для закріплення труб ЕД-22, ЕД-27, ЕД-29                     | ТУ 84 - 1119 – 87           |
| Електродетонатор ЕД-23  | ТУ 84 - 897- 88             |
| Детонатор електровогневий ДЕВ   | ТУУ 3.50-14314452-101-98    |
| Детонатор вогневої дії ДВД  | РИШБ 773951-503             |
| Електрозапальник вогнепровідного шнура ЕЗ-ВШ                                  | ТУУ 3.50-14314452-56-96     |
| Патрон запальний паперовий ЗП-П   | ТУУ 3.50-14314452-119-99    |
| Шнур детонувальний ДШ-А, ДШЕ-12   | ГОСТ 6196-78                |
| Шнур детонувальний екструзивний марки ДШЕ-9                                   | ТУУ 3.50-14314452-132- 99   |
| Шнур вогнепровідний ВША, ВШЕ  | ГОСТ 3470-80                |
| Реле піротехнічне РП-92-0   | ТУУ 3.50-1 431 4452-095- 98 |
| Патрон вибуховий герметичний ПВГ-170  | ТУУ 3.50-14314452-110-99    |

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Піропатрон ПП-22                                     | ЛД 34,367,030 ТУ           |
| Патрон спортивний                                    | РБІД 771828.002 ТУ         |
| Двигун ракетний модельний                            | ТУ 84-795-79               |
| Детонатор проміжний свердловинний ДСП                | ТУУ 3.50-14314452-141-2000 |
| Капсуль-запальник                                    | ДИШВ 773911.004 ТУ         |
| Капсуль-запальник "Жевело"                           | ГОСТ 24579-81              |
| КВ центрального бою для патронів мисливських рушниць | ГОСТ 7574-71               |

Дозволена реалізація вибухових речовин ( без виготовлення )

|          |   |                  |
|----------|---|------------------|
| ТЕН      | - | ГОСТ В 22321-77  |
| Октоген  | - | ОСТ В 84-1344-76 |
| Гексоген | - | ОСТ В 84-1189-75 |

#### ПЕРЕЛІК

вибухових речовин, що виготовляються в умовах самого Підприємства, що здійснює гірничі роботи

| Найменування вибухових речовин                            | Нормативний документ, на основі якого виготовляються вибухові речовини |
|---|--|
| Грануліт КС-1   | ТУ 12.0173767-013-93; СТП 007-99                                       |
| Грануліт Д-5  | ТУУ 3.50-14015318-024-94<br>ТУУ 00191307.001-96                        |
| Грануліт ШР-1   | СТП 00292563-001-99  |
| Грамоніт  | ТУУ 00190934006-98; СТП 006-99   |
| Акватол Т-20Г   | ТУУ 00190934015-97; СТП 015-99   |
| Малощільна вибухова суміш                                 | ТУУ 21609797.001-97  |
| Ігфаніт-М   |  |
| Малощільна вибухова суміш                                 | ТУУ 00190934011-98; СТП 011-99   |
| МВС-Н   |  |
| Грануліт А-6  | ТУУ 00101007.004-98,<br>ТУ 00191307.004-98                             |
| Грануліт - НМ   | ТУУ 0202743.006-97   |
| Ігданіт   | ТУ-ГП-2-77   |
| Труборіз кумулятивний кільцеподібний зовнішній ТР ККН     | ТУУ 055402215.006-97   |
| Труборіз кумулятивний кільцеподібний сідлоподібний ТР ККС | ТУУ 055401215.007-97   |
| Труборіз кумулятивний кільцеподібний підводний ТР ККП     | ТУ 88 УРСР 085.342-82  |

Пример расчета  $L_{50}$  и доверительных границ для него (образец 9Г типа 12ЦБ)

1. Строим диаграмму проведенных испытаний.  
Полученная диаграмма приведена на рис. Г.1.

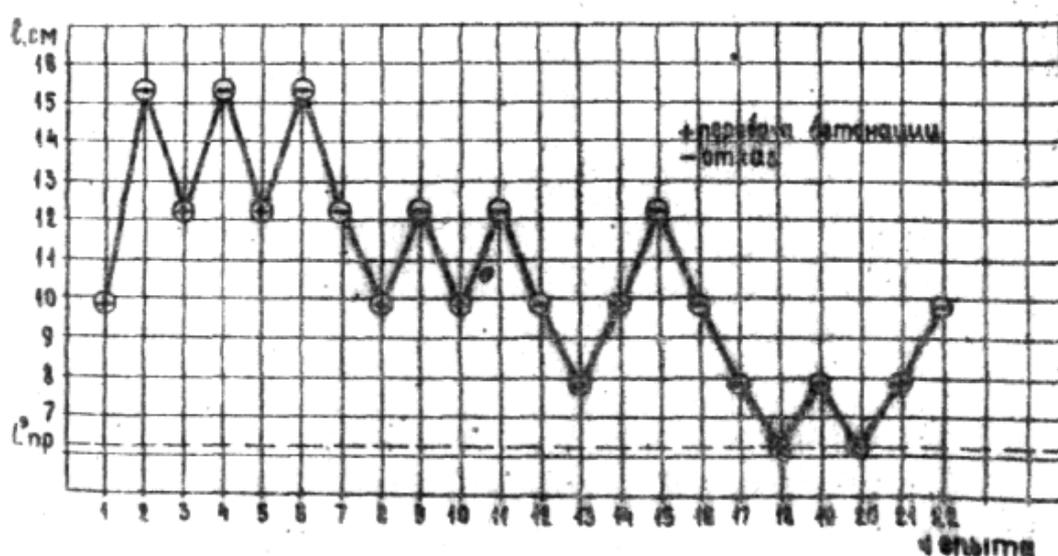


Рис. Г.1. Диаграмма испытаний методом "вверх-вниз" образца 9Г типа 12ЦБ.

2. По диаграмме фиксируем  $L_{np}^3 = 6,2$  см.
3. По диаграмме составляем табл. Г.1.

Таблица Г.1

Результаты испытаний образца 9 Г

| L, см | lgL    | детонация     | отказ         | i | $in_i$        | $i^2n_i$      |
|-------|--------|---------------|---------------|---|---------------|---------------|
| 6,2   | 0,7959 | 2             | -             | 0 | 0             | 0             |
| 7,8   | 0,8928 | 2             | 2             | 1 | 2             | 2             |
| 9,8   | 0,9897 | 4             | 3             | 2 | 8             | 16            |
| 12,2  | 1,0866 | 2             | 4             | 3 | 6             | 18            |
| 15,3  | 1,1835 | -             | 3             |   |               |               |
|       |        | $\Sigma = 10$ | $\Sigma = 12$ |   | $\Sigma = 16$ | $\Sigma = 36$ |

Поскольку общее количество детонаций меньше общего количества отказов, расчет ведем по детонациям ( $N = 10$ ).

4. Рассчитываем  $L_{50}$  по формуле:

$$\lg L_{50} = \lg L_0 + d \left( \frac{\sum_{i=0}^k in_i}{N} \pm 0.5 \right)$$

Поскольку расчет ведется по детонациям, в формуле берется знак "+".  
В качестве уровня  $i = 0$  принимается  $L_0 = 6,2$  см.  
Для нашего случая  $\lg L_0 = 0,7959$ ,  $d = 0,097$

$$\lg L_{50} = 0,7959 + 0,097 \left( \frac{16}{10} + 0,5 \right) = 0,996$$

$$L_{50} \approx 9,991$$

5. Рассчитываем  $S$  по формуле:

$$S = 1,62 \cdot d \left( \frac{N \sum_{i=0}^k i^2 n_i - \left( \sum_{i=0}^k in_i \right)^2}{N^2} + 0,029 \right)$$

Подставив значения входящих параметров получим:

$$S = 1,62 \cdot 0,097 \left( \frac{10 \cdot 36 - 16^2}{10^2} + 0,029 \right) = 0,1680$$

6. Проверяем, соблюдается ли условие:  $0,5 < \frac{d}{S} < 2$

$$\frac{d}{S} = \frac{0,097}{0,1680} = 0,577 - \text{условие выполняется.}$$

7. Рассчитаем  $L_{пр}$  по формуле:

$$L_{пр} = L_{50} \exp[-2,303 \cdot S \cdot \psi(P)]$$

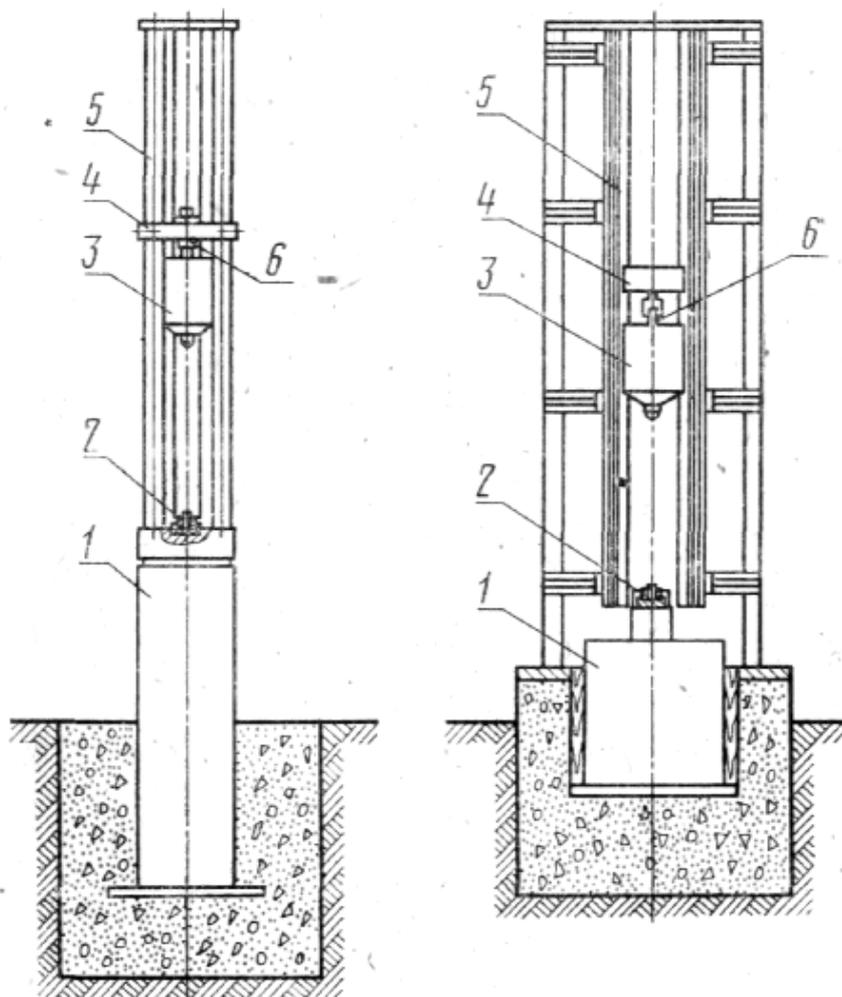
Для уровня надежности  $P = 0,95$ ,  $\psi(0,95) = 1,64$ .

$$L_{пр} = 9,991 \exp[-2,303 \cdot 0,1680 \cdot 1,64] = 9,991 \cdot e^{-0,6345} = 5,29 \text{ см.}$$

Конструкция копра Каста

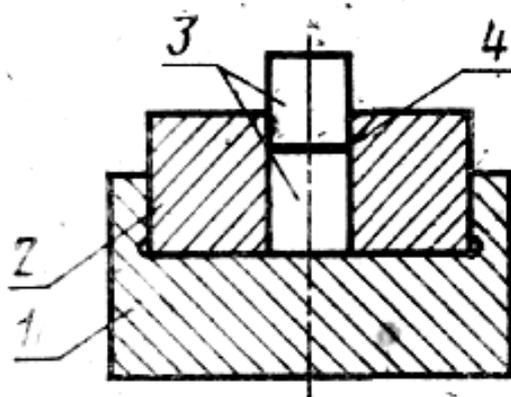
Исполнение I

Исполнение II



1—наковальня; 2—прибор; 3—груз; 4—сбрасывающий механизм; 5—колонна; 6—устройство для зацепления и сбрасывания груза.

Штемпельный прибор



1—поддон; 2—муфта; 3—ролики; 4—навеска ВВ

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |           |
|---|-----------|
| Предисловие.....  | 3         |
| <b>Введение в практикум.....</b>  | <b>4</b>  |
| Виды испытаний взрывчатых материалов.....   | 4         |
| Показатели качества взрывчатых материалов.....  | 6         |
| Основные термины, понятия и их определения.....   | 13        |
| Обработки результатов испытаний.....  | 16        |
| Обеспечение безопасности при проведении испытаний....   | 21        |
| Ведение лабораторного журнала.....  | 23        |
| <b>Часть 1. Лабораторные работы по испытанию<br/>    промышленных взрывчатых веществ.....</b>                   | <b>25</b> |
| <b>Глава 1. Изучение промышленных взрывчатых веществ.....</b>   | <b>25</b> |
| Лабораторная работа № 1. Изучение свойств промыш-<br>ленных ВВ.....   | 25        |
| <b>Глава 2. Определение физико-химических характеристик<br/>    взрывчатых веществ.....</b>                     | <b>26</b> |
| Лабораторная работа № 2. Проведение испытаний по<br>определению содержания влаги.....                           | 26        |
| Лабораторная работа № 3. Определение водоустой-<br>чивости ВВ.....  | 27        |
| Лабораторная работа № 4. Определение массы ВВ в пат-<br>роне, а также массы бумаги и влагосодержащей смеси..... | 31        |
| Лабораторная работа № 5. Определение гранулометри-<br>ческого состава ВВ.....                                   | 32        |
| Лабораторная работа № 6. Определение плотности ВВ<br>в патроне.....   | 33        |
| Лабораторная работа № 7. Проведение испытаний по<br>определению диаметра патрона.....                           | 34        |
| <b>Глава 3. Определение взрыво-технических показателей<br/>    качества взрывчатых веществ.....</b>             | <b>35</b> |
| Лабораторная работа № 8. Изготовление патронов-<br>боевиков.....  | 35        |
| Лабораторная работа № 9. Определение критического<br>диаметра детонации ВВ.....                                 | 37        |
| Лабораторная работа № 10. Измерение скорости дето-<br>нации ВВ.....   | 40        |
| Лабораторная работа № 11. Определение фугасного дейст-<br>вия (работоспособности) ВВ.....                       | 45        |
| Лабораторная работа № 12. Определение бризантного<br>действия взрыва заряда ВВ.....                             | 47        |
| Лабораторная работа № 13. Определение критической<br>плотности ВВ.....  | 52        |
| Лабораторная работа № 14. Испытания патронов ВВ на<br>способность к передаче детонации на расстояние.....       | 53        |
| Лабораторная работа № 15. Определение чувствитель-  |           |

|   |           |
|---|-----------|
| ности ВВ к удару.....   | 56        |
| <b>Глава 4. Оценка опасности взрывчатого вещества как источника воспламенения метановоздушной и пылевоздушной смесей.....</b>   | <b>58</b> |
| Лабораторная работа № 16. Сравнительная оценка предохранительных свойств ВВ по интенсивности инфракрасного излучения продуктов взрыва.....                                      | 58        |
| Лабораторная работа № 17. Определение устойчивости против выгорания зарядов предохранительных ВВ.....   | 60        |
| <b>Глава 5. Определение безопасных расстояний при взрывах.....</b>  | <b>64</b> |
| Лабораторная работа № 18. Разрушающее действие воздушных ударных волн.....  | 64        |
| <b>Часть II. Лабораторные работы по испытанию средств инициирования.....</b>  | <b>67</b> |
| <b>Глава 6. Изучение промышленных средств инициирования.....</b>  | <b>67</b> |
| Лабораторная работа № 19. Изучение средств инициирования.....   | 67        |
| <b>Глава 7. Испытания детонаторов.....</b>  | <b>69</b> |
| Лабораторная работа № 20. Испытания капсулей-детонаторов.....   | 69        |
| Лабораторная работа № 21. Испытания огнепроводного шнура.....   | 70        |
| <b>Глава 8. Испытания огнепроводного и детонирующего шнуров..</b>   | <b>72</b> |
| Лабораторная работа № 22. Испытания огнепроводного шнура.....   | 72        |
| Лабораторная работа № 23. Испытания детонирующего шнура.....  | 74        |
| <b>Часть III. Взрывные приборы и приборы контроля и измерения сопротивления электровзрывной сети.....</b>   | <b>79</b> |
| <b>Глава 9. Изучение принципа работы приборов и приобретение навыка работы с ними.....</b>  | <b>79</b> |
| Лабораторная работа № 24. Изучение принадлежностей электрического взрывания.....  | 79        |
| Лабораторная работа № 25. Изучение работы взрывных приборов.....  | 81        |
| Лабораторная работа № 26. Измерительные и контрольные приборы.....  | 82        |
| Лабораторная работа № 27. Проверка качества электродетонаторов по электрическому сопротивлению.....   | 82        |
| Приложение А. Квантиль распределения Стьюдента.....   | 84        |
| Приложение Б. Значения величин $\frac{tg(v)}{\sqrt{n}}$ .....   | 85        |
| Приложение В. Перелік допущених до виробництва і реалізації вибухових речовин промислового виготовлення та що виготовляються в умовах самого Підприємства, яке здійснює гірничі |           |

|   |    |
|---|----|
| роботи.....   | 87 |
| Приложение Г. Пример расчета $L_{50}$ и доверительных границ для него<br>(образец 9 Г типа 12ЦБ)..... | 90 |
| Приложение Д. Конструкция копра Каста.....  | 92 |

Навчальне видання

Шевцов Микола Романович  
Калякін Станіслав Олександрович  
Левіт Віктор Володимирович  
Борщевський Сергій Васильович  
Антонович Юрій Іванович  
Бабічев Валерій Олександрович

Практикум із підривної справи  
(російською мовою)

