

РУКОВОДСТВО ПО ЛУЧШЕЙ  
ПРАКТИКЕ В ОБЛАСТИ  
УНИЧТОЖЕНИЯ ОБЫЧНЫХ  
БОЕПРИПАСОВ

# СОДЕРЖАНИЕ

I.	ВВЕДЕНИЕ	171
1.	Цели	171
2.	Сфера охвата	171
3.	Общая процедура проведения мероприятий по демилитаризации	171
4.	Воздействие на окружающую среду	173
5.	Экономические аспекты демилитаризации	173
6.	Контроль над процессом демилитаризации	174
7.	Процедура уничтожения боеприпасов	176
II.	ЗАХОРОНЕНИЕ БОЕПРИПАСОВ	175
1.	Сброс в море	175
2.	Захоронение на полигонах	175
III.	ОТКРЫТОЕ СЖИГАНИЕ И ПРЯМОЙ ПОДРЫВ	175
1.	Прямой подрыв	175
2.	Открытое сжигание	176
IV.	ЗАКРЫТОЕ СЖИГАНИЕ	177
1.	Вращающаяся барабанная печь	177
2.	Печь для сжигания в псевдоожиженном слое	179
3.	Печь с выдвижным поддоном	179
4.	Установка высокотемпературной газовой дезактивации	180
5.	Камера подрыва в герметически закрытом объеме или контролируемой детонации	180
V.	ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ БОЕПРИПАСОВ	181
1.	Разборка	181
2.	Механическое разукрупнение	182
3.	Разламывание боеприпасов при сверхнизких температурах	183
VI.	МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ	184
1.	Методы выплавления	184
2.	Вымывание водяной струей	185
3.	Вымывание с помощью растворителей	186
VII.	МЕТОДЫ КОНВЕРСИИ, НАХОДЯЩИЕСЯ НА СТАДИИ ЭКСПЕРИМЕНТА	186
1.	Окисление водой в сверхкритических условиях	186
2.	Плазменно-дуговой пиролиз	187
3.	Электрохимическое травление	187
4.	Биоразложение	188
VIII.	ОБСУЖДЕНИЕ	188
IX.	ВЫВОДЫ	190
X.	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	191
XI.	БИБЛИОГРАФИЯ	191

Это Руководство было подготовлено правительством Нидерландов.

FSC.DEL/59/08/Ред.1

2 июня 2008

# I. Введение

Согласно *Документу ОБСЕ о запасах обычных боеприпасов (FSC.DOC/1/03 от 19 ноября 2003 года)* наличие боеприпасов всегда связано с определенной опасностью для людей. Окончательное решение этой проблемы состоит в уничтожении всех излишков боеприпасов. В настоящем документе будут рассмотрены лучшие методы уничтожения обычных боеприпасов.

## 1. Цели

Цели настоящего Руководства по лучшей практике (РАП) состоят в том, чтобы рекомендовать варианты эффективных методов уничтожения излишков боеприпасов, остающихся, в частности, после вооруженных конфликтов или образовавшихся в результате реструктуризации вооруженных сил в ходе реформы системы обороны. Авторы хотели бы, чтобы настоящее Руководство содействовало формированию и внедрению высоких общих стандартов в этой области. Для рекомендации, планирования и выполнения конкретных проектов уничтожения боеприпасов будут необходимы дальнейшие детализированные руководящие указания в рамках национальных правил и процедур. При разработке таких дальнейших руководящих указаний, возможно, следует принимать во внимание уже существующую лучшую практику.

## 2. Сфера охвата

В настоящем РАП речь пойдет об уничтожении только обычных боеприпасов. Нейтрализация ядерного оружия, а также химического и биологического оружия не входит в сферу его внимания; однако некоторые разделы касаются также химических боеприпасов. В тематику этого РАП не входят также вопросы уничтожения НРБ (неразорвавшихся боеприпасов) и разминирования территории.

Существует много способов физического уничтожения боеприпасов: от открытого сжигания и прямого подрыва до высокотехнологичных промышленных процессов.

В настоящем РАП рассматриваются достоинства и недостатки каждого процесса. Подходящие для каждого случая методы уничтожения в первую очередь зависят от следующих факторов:

- i) обеспеченность района ресурсами;
- ii) физическое состояние запасов, другими словами, пригодность боеприпасов к транспортировке;
- iii) количество боеприпасов и взрывчатки с точки зрения экономической оправданности способа их уничтожения;
- iv) возможности страны; и
- v) национальное законодательство о взрывобезопасности и охране окружающей среды.

В целом можно утверждать, что чем больше количество боеприпасов, подлежащих уничтожению, тем выше экономическая целесообразность операции и тем шире арсенал доступных и эффективных технологических решений.

## 3. Общая процедура проведения мероприятий по демилитаризации

Процесс разработки проектного плана по демилитаризации начинается с определения характера боеприпасов и ответа на следующие основные вопросы:

### 3.1 Безопасно ли перемещать боеприпасы?

Если нет, то боеприпасы единственное возможное решение состоит в контролируемом подрыве боеприпасов на месте.

### **3.2 Допускаются ли рассматриваемые боеприпасы к международной перевозке в соответствии с Рекомендациями Организации Объединенных Наций по перевозке опасных грузов и связанными с ними типовыми правилами, такими, как Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ) и Правила международной перевозки опасных грузов по железным дорогам (МПОГ), а также Международным морским кодексом по опасным грузам (Кодекс ММОГ)?**

Для того чтобы боеприпасы отвечали принципиальным требованиям международной трансграничной перевозки, они должны быть отнесены к классу 1 опасных грузов, а их упаковка пройти и выдержать типовой тест на соответствие требованиям ООН. Столь длительная и потенциально затратная процедура, как правило, экономически целесообразна лишь тогда, когда речь идет о больших партиях подлежащих уничтожению боеприпасов [1].

### **3.3 Каковы транспортные расходы?**

Для целей составления бюджета стоимость трансграничной перевозки следует рассчитывать исходя из того, что на нее обычно приходится 30–40 процентов всех ожидаемых расходов на демилитаризацию.

### **3.4 О каком количестве боеприпасов конкретной номенклатуры идет речь?**

Количество подлежащих демилитаризации боеприпасов является определяющим фактором при наличии лимитированного общего бюджета. Удельная себестоимость уничтожения боеприпасов будет неоправданно высокой, если только владеющая ими организация не имеет свободного доступа к функционирующему объекту по демилитаризации

боеприпасов, уже располагающему необходимой инфраструктурой, оборудованием и компетентным персоналом. Ответ на этот вопрос необходимо давать с учетом ответа на пункт 3.2 выше.

### **3.5 Достаточен ли объем имеющейся технической информации?**

Большое значение этого условия нагляднее всего иллюстрирует следующий пример. Проект по демилитаризации предусматривает уничтожение снарядов с бризантным зарядом. Для демилитаризации этих снарядов существует целый ряд возможных вариантов. Предпочтение отдается выплавлению взрывчатого вещества из корпуса боеприпаса струей горячей воды (температурой свыше 81°C) с последующим повторным использованием продуктов разделки для производства промышленной взрывчатки. Этот метод выглядит наиболее оптимальным вариантом утилизации и повторного использования и оказывает минимальное воздействие на окружающую среду. Однако на деле все обстоит не так просто. Из потенциально взрывоопасных снарядов лишь ТНТ имеет низкую температуру плавления. Наиболее частой заменой ему служит RDX, плавящийся при температуре ниже 205,5°C. Для выполнения различных оперативных задач этот тип боеприпасов кроме ТНТ также снаряжается RDX, воском и алюминием. Полученная смесь по-прежнему имеет низкую температуру плавления и относительно легко загружается в снаряд в расплавленном состоянии. Его можно также расплавить и изъять из снаряда, однако при этом не следует забывать, что повторно кристаллизовавшийся RDX представляет большую потенциальную опасность. Проблема усугубляется присутствием высокодисперсного алюминия. Наличие такой технической информации необходимо для выбора наилучшего варианта. В приведенном выше примере в отсутствие информации о составе взрывчатого наполнителя боеприпаса

было бы невозможно определить оптимальное техническое решение для демилитаризации боеприпасов, и не исключено, что выбор был бы сделан в пользу потенциально небезопасного процесса.

### **3.6 Кто является исполнителем планируемых работ: подрядчик, отобранный на конкурсной основе, или монопольный подрядчик?**

Во втором случае может потребоваться независимая оценка сметы расходов.

### **3.7 Поджимают ли сроки?**

Не исключено существование императивных условий, диктуемых соображениями оперативного, снабженческого или финансового порядка. Они также могут диктовать предельные сроки бюджетного ассигнования и расходования средств.

### **3.8 Предъявляются ли требования в плане безопасности?**

С постоянно получающим все большее распространение применением высокоточных управляемых боеприпасов и электронных систем наведения растет вероятность того, что боеприпасы снабжены носителями засекреченной электронной информации. Такие компоненты требуют особого обращения и проверки их уничтожения.

### **3.9 Предъявляются ли экологические требования?**

Цель любого удаления боеприпасов состоит в том, чтобы свести к минимуму или даже ликвидировать любые их отрицательные последствия для окружающей среды. Однако реализация таких целей требует больших затрат и может оказаться экономически нецелесообразной и даже практически невозможной применительно к небольшим партиям боеприпасов.

### **3.10 Есть ли какие-либо ограничения на повторное использование и применение утилизированных материалов в новых взрывчатых составах?**

Национальное законодательство может запрещать или ограничивать повторное применение или использование в новых составах утилизированных материалов, в первую очередь взрывчатки и металлических зарядов.

## **4. Воздействие на окружающую среду**

Ни один из существующих методов уничтожения боеприпасов и взрывчатки не является полностью экологически чистым, и все же там, где возможно, необходимо принимать меры для сведения к минимуму их последствий для атмосферы, почвы и водной среды. При планировании работ по уничтожению боеприпасов необходимо всегда предусматривать меры по борьбе с загрязнением. Сбор металлических и неметаллических остатков будет содействовать максимальному ограничению воздействия на окружающую среду [2]. При этом следует руководствоваться существующим местным природоохранным законодательством в этой сфере.

## **5. Экономические аспекты демилитаризации**

Сопоставление затрат, связанных с различными методами демилитаризации, затруднительно и потенциально неоднозначно в силу действия большого числа переменных факторов, таких, как транспортные расходы, капитальные затраты, трудовые затраты, стоимость энергоснабжения, себестоимость мер по удалению отходов и ценность утилизированных материалов.

## 6. Контроль над процессом демилитаризации

Необходимо обеспечить контроль над мероприятиями по демилитаризации боеприпасов и их проверку по ходу выполнения проекта. Цель – обеспечить, чтобы реализация поставленной задачи шла в соответствии с согласованным графиком и должным образом и тщательно документировалась. При совершении плановых платежей за исполнение работ накладные должны заверяться аккредитованным контролирующим органом. Степень детализации и периодичность контрольной проверки обычно определяется сферой охвата и сложностью проекта. При реализации крупномасштабных проектов, выполняемых в течение продолжительных периодов времени, широко распространена практика присутствия на объекте специально назначенного контролера.

## 7. Процедура уничтожения боеприпасов

В настоящем документе используется терминология классификации боеприпасов, фигурирующая в указанном выше первоисточнике ОБСЕ. В нем дается следующая классификация боеприпасов:

- i) боеприпасы к легкому и стрелковому оружию (АСО);
- ii) боеприпасы к основным системам вооружения и техники, включая ракеты;
- iii) реактивные снаряды;
- iv) инженерные мины и мины других типов;
- v) прочие обычные боеприпасы, взрывчатые вещества и взрывные устройства.

Конкретная технология, используемая для уничтожения боеприпасов, далее зависит от объема подлежащих уничтожению боеприпасов и имеющихся на месте технологических решений.

В настоящем РЛП дается краткий обзор наиболее широко распространенных технологий. Оно содержит изложение предыстории и последовательности появления используемых технологий, начиная с захоронения боеприпасов (глава II). В главе III рассматриваются методы сжигания и подрыва, в главе IV – технология сжигания и подрыва в закрытом объеме. В главе V речь идет о применяемых технологиях разборки боеприпасов, а в главе VI – о разделении металлических частей и взрывчатки. Хотя в настоящем РЛП в основном говорится об уничтожении боеприпасов, в главе VI речь идет также о том большом значении, которое могут иметь аспекты повторного использования и утилизации полученных материалов.

В главе VII особое внимание уделяется технологии уничтожения тех входящих в состав боеприпасов химических веществ, которые могут создавать проблемы на этапе сжигания в печах.

В главе VIII обсуждаются факторы, свидетельствующие в пользу тех или иных технологий, а в таблице перечислены лучшие методы. В заключение, в главе IX приводятся основные выводы относительно всех возможных технических решений задачи уничтожения боеприпасов.

## II. Захоронение боеприпасов

### 1. Сброс в море

Тем странам, которые ратифицировали различные соглашения и конвенции, запрещается сбрасывать боеприпасы в море (Лондонская конвенция 1972 года и Протокол к ней от 1996 года [3], Конвенция ОСПАР от 22 сентября 1992 года [4]). Большинство стран Западной Европы являются их участниками.

Кроме того, потопление в водах морей может привести к нежелательным последствиям в силу того, что правительства теряет дальнейший контроль над судьбой боеприпасов.

### 2. Захоронение на полигонах

В случае сброса боеприпасов в озера или отвалы токсичные химикаты, вымываемые из боеприпасов, в течение длительного и непредсказуемого периода времени загрязняют окружающую среду. Большинство компонентов, входящих в состав боеприпасов,

в частности: тяжелые металлы (например, свинец, сурьма, цинк, медь), взрывчатые вещества (например, 2,4,6 тринитрометилбензол (тротил), нитроглицерин (NG) и гексоген (RDX)) и компоненты метательных зарядов (например, динитротолуол (ДНТ), дифениламин (DPA) и дибутилфталат (DBP)), представляют опасность для окружающей среды. Компоненты пиротехнических средств, такие, как гексахлорэтан и соли бария/стронция в трассерах и пиротехнических составах для иллюминации, также вредны для окружающей среды.

В результате неконтрольной миграции токсичных химикатов, вымываемых из захороненных боеприпасов, главным образом вместе с грунтовыми водами, происходит загрязнение обширных участков, в том числе источников питьевой воды, которыми пользуется население этих районов.

## III. Открытое сжигание и прямой подрыв

### 1. Прямой подрыв

Уничтожение боеприпасов путем их прямого подрыва (ПП) и открытого сжигания (ОС) по-прежнему являются широко распространенной практикой, обычно именуемой ОСПП.

При прямом подрыве боеприпасы собираются в единый пакет и уничтожаются ответной детонацией с использованием донорских зарядов боеприпасной взрывчатки. Желаемый эффект достигается за счет взрыва подрывных зарядов, находящихся в тесном контакте с плотно упакованной партией боеприпа-

сов. Поэтому этот метод применим лишь к бризантным боеприпасам, т.е. обладающим высоким отношением массы ВВ к массе осколков.

Под действием ударной волны, создаваемой донорскими зарядами, боеприпасы детонируют. Преимуществом прямого подрыва является его способность эффективно уничтожать большие партии боеприпасов. Полигон для подрыва должен быть достаточно большим, чтобы поражающие эффекты в виде ударной волны, шума и фрагментации не выходили за его пределы. В целом,



Рисунок 3.1. Готовая к уничтожению партия артиллерийских снарядов и противотанковых мин

большинство полигонов вне зоны боевых действий имеют довольно ограниченную территорию. Прямой подрыв позволяет также производить уничтожение боеприпасов без применения специального оборудования. Прямой подрыв имеет следующие недостатки:

- опасность неконтролируемого загрязнения почвы (грунтовой) воды и воздуха [5];
- опасность, которую представляют ударная волна и разлет осколков;
- возможность неполного уничтожения всех боеприпасов и создаваемая тем самым опасность разброса неразорвавшихся боеприпасов (НРБ) вблизи места подрыва;
- подрыв может производиться только в дневное время и при соответствующих погодных условиях.

Во избежание неконтролируемой миграции потенциальных загрязнителей прямой подрыв рекомендуется проводить на участках, не подверженных вымыванию загрязнителей в водоносные горизонты.

Силу ударной волны и количество осколков можно уменьшить путем ограничения общей массы подрываемой партии боеприпасов или путем надежного укрытия места взрыва. Эти дополнительные меры

предосторожности принимаются с учетом нахождения поблизости уязвимых объектов инфраструктуры.

С учетом фактора неконтролируемого загрязнения в большинстве стран Западной Европы прямой подрыв крупных партий боеприпасов запрещен.

Во избежание воздействия загрязнителей на личный состав, присутствующий на полигоне открытого подрыва (ПОП), ему следует применять средства индивидуальной защиты [6]. Достаточно предусмотреть элементарную защиту кожного покрова и органов дыхания с помощью (одноразового) комбинезона, перчаток и пылезащитных масок.

## 2. Открытое сжигание

Открытое сжигание в основном используется для уничтожения излишков (нерассортированных) метательных зарядов и пиротехнических составов. Кроме того, (нерассортированные) взрывчатые материалы в незабитом виде подлежат уничтожению таким методом только небольшими партиями ввиду потенциальной опасности перерастания реакции горения взрывчатых веществ и метательных зарядов в полномасштабную детонацию.



Рисунок 3.2. Готовая к открытому сжиганию партия метательных зарядов в расфасовке

Из-за высоких концентраций опасных продуктов, возникающих в ходе открытого сжигания, применение этого метода для уничтожения боеприпасов, содержащих дымовые, осветительные и окрашивающие или раздражающие агенты, на территории Соединенных Штатов Америки и многих других стран запрещено [7].

Открытое сжигание обычно проводится на специально созданных площадках, таких, как бетонные платформы или бронямы во избежание контакта с поверхностью почвы и просачивания продуктов в водоносный горизонт. Ямы для ОС должны быть облицованы материалом, способным выдержать процесс горения и иметь достаточную глубину и периметр для удержания остатков. Бронямы могут быть слегка приподняты над поверхностью земли

для улучшения охлаждения и проведения проверок на предмет просачивания. В нерабочем состоянии бронямы должны быть укрыты [8].

В заключение можно упомянуть о том, что применение методов открытого сжигания и прямого подрыва возможно только на участках, которые не подвержены вымыванию вредных отходов в водоносный горизонт. Там, где такое вымывание возможно и создает проблему, открытое сжигание допустимо только в водонепроницаемых конструкциях, таких, как бетонные или металлические ямы. Персонал, задействованный в уничтожении боеприпасов, должен быть обеспечен надлежащими средствами индивидуальной защиты, такими, как (одноразовая) защитная одежда и респираторы.

## IV. Закрытое сжигание

### 1. Вращающаяся барабанная печь

Вращающаяся печь применяется для контролируемого термического уничтожения боеприпасов или взрывчатки за фиксированный период времени и для удаления газообразных отходов в виде возгонов.

Вращающаяся барабанная печь является наиболее распространенным типом вращающихся печей для уничтожения боеприпасов.

Боеприпасы подаются через загрузочный бункер (на рисунке слева), который регулирует скорость поступления в печь боеприпасов (из соседнего отсека). Скорость загрузки боеприпасов большое значение в плане обеспечения безопасности процесса, пос-



Рисунок 4.1. Внешний вид вращающейся барабанной печи (фото NAMSA)

кольку позволяет избежать излишней концентрации боеприпасов в печи. Боеприпасы реагируют на высо-

кую температуру в камере печи, которая достигается за счет работы форсунок в торцевой части печи. Эти форсунки работают на газе или нефтепродуктах.

Вращающаяся печь сжигания представляет собой вращающийся толстостенный стальной барабан цилиндрической формы конструкции „архимедова винта“. Контролируемое по скорости вращательное движение барабана вызывает продвижение боеприпасов вдоль нагретой камеры. Поскольку для различных типов боеприпасов необходимо разное время нахождения в камере, скорость вращения печи регулируется. В определенный момент нахождения в камере сжигания взрывчатка воспламеняется.

Продукты реакции горения смешиваются с дополнительными объемами воздуха до полного сгорания в камере за пределами зоны горения (за форсунками) и полностью сгорают. Твердые отходы реакции горения собираются с помощью зольных улавливателей, циклонов и фильтров; они могут иметь мешкообразную форму или форму керамических фильтров. Газообразные продукты возгонки обрабатываются с помощью водяных фильтров и установок по улавливанию вредных газов. Эти улавливатели особенно необходимы при сжигании такой взрывчатки, как ТНТ, в силу образующихся высоких концентраций NOx. Благодаря этому соблюдаются строгие требования национальных природоохранных органов по выбросам отработанных газов [9].

В зависимости от габаритов и эксплуатационных показателей вращающиеся печи могут использоваться для сжигания безоболочных взрывчатых веществ и метательных зарядов, боеприпасов малого калибра (до 20 000 патронов в час), взрывателей, детонаторов и других инициирующих устройств, особенно в больших количествах. При необходимости боеприпасы большого и среднего калибра проходят фазу предварительной обработки для высвобождения

взрывчатого наполнителя. Соответствующие методы предварительной обработки будут рассмотрены в последующих главах.

Вращающиеся печи сжигания широко применяются в промышленных масштабах в США, Германии, Франции, Италии, Соединенном Королевстве, Албании и Украине. В заключение можно указать на то, что метод закрытого сжигания во вращающейся печи особенно подходит для уничтожения широкой номенклатуры боеприпасов, подлежащих демилитаризации.

В Боснии ПРООН использует передвижную систему уничтожения боеприпасов (TADS) на контейнерной платформе. Эта система может быть доставлена в любой район с затратами, составляющими 25 процентов от стоимости промышленной стационарной вращающейся печи. Такие мобильные системы могут применяться для уничтожения средних партий боеприпасов малого калибра.



Рисунок 4.2. Передвижная система уничтожения боеприпасов на контейнерной платформе, применяемая отделением ПРООН в Боснии

## 2. Печь для сжигания в псевдоожиженном слое

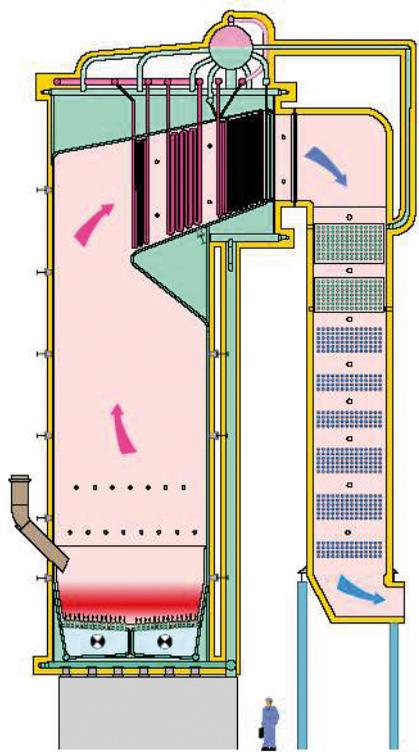


Рисунок 4.3. Печь для сжигания в псевдоожиженном слое

Отходы боеприпасов подаются в виде недетонирующего шлама [10] в основании печи (красная зона). В основании печи находится слой агента в виде песка (в основном окиси кварца) в частицах строго установленного размера. Под воздействием потока горячего воздуха песчинки поднимаются вверх и ведут себя как жидкость. Это весьма безопасный метод сжигания отходов взрывчатки.

Печи такой конструкции могут иметь различные габариты. На рисунке 4.4 показана большая промышленная установка. Для сжигания отходов взрывчатки годятся и небольшие печи диаметром 0,5 метра.

Основное преимущество печи сжигания в псевдоожиженном слое заключается в ее малой энергоемкости. Это позволяет отбирать излишки тепла у печи сжигания для отопления отдельной камеры/печи для тепловой обработки небольших партий элементов боеприпасов среднего размера (см. также 4.4 „Печь с выдвижным поддоном“).

Печи сжигания в псевдоожиженном слое специально предназначены для уничтожения нерассортированных взрывчатых материалов и метательных зарядов в форме шлама из энергоносителей и воды.

Уничтожение пиротехнических составов методом сжигания в псевдоожиженном слое не всегда возможно ввиду образования продуктов, вступающих в реакцию с песчинками в слое сжигания. Это может привести к комкованию песка и нарушить нормальное функционирование кипящего слоя.

## 3. Печь с выдвижным поддоном

Печь такого типа используется для тепловой обработки боеприпасов малого калибра (и их комплектующих), таких, как воспламенители, детонаторы и взрыватели. Обычно такая печь применяется для уничтожения небольших партий боеприпасов; крупные партии могут быть уничтожены во вращающихся печах. Печь с выдвижным поддоном (ПВП) также используется для тепловой обработки металлолома с небольшими остаточными количествами взрывчатки. На практике такая печь эксплуатируется в сочетании с другими установками, например, в комбинации с печью иного типа. Тепло, необходимое для обогрева этой печи, поступает за счет отбора излишнего тепла, производимого основной установкой.



Рисунок 4.4. Вид печи с выдвигаемым поддоном в полукрытом состоянии

Боеприпасы загружаются в поддон (который вкатывают в печь по рельсам). Обычный период нахождения боеприпасов или металлолома в печи составляет 30 минут. Отработанные газы из печи затем направляются в систему улавливания загрязнителей, смонтированную на соседнем объекте (например, печи сжигания в псевдооживленном слое). Прошедшие тепловую обработку и остающиеся в поддоне металлические части могут быть освидетельствованы как не содержащие взрывчатку (НСВ), упакованы и отправлены на предприятие по переделке металлолома.

#### 4. Установка высокотемпературной газовой дезактивации

Установка высокотемпературной газовой дезактивации (ВГД) (по сути дела увеличенный вариант ПВП) может применяться для переработки боеприпасов, которые содержат малые количества энергоносителей, до состояния, при котором они почти не содержат энергоносители (глава V). Подлежащие переработке предметы загружаются в короба, закрепленные на металлических поддонах, или загружаются непосредственно на платформу

рельсовой вагонетки особой конструкции. Вагонетка затем подается в дезактивационную камеру таким образом, чтобы вагонетка и камера сжигания вместе составляли герметически закрытую емкость. Затем в течение одного–двух часов в камеру нагнетается раскаленный воздух, поддерживающий в ней температуру 300°С.



Рисунок 4.5. Установка высокотемпературной газовой дезактивации. На платформу вагонетки погружены металлические короба, содержащие партию прошедших предварительную обработку боеприпасов

Такая установка предназначена в первую очередь для освобождения больших партий металлических остатков от присутствия взрывчатки.

#### 5. Камера подрыва в герметически закрытом объеме или контролируемой детонации

Этот тип оборудования используется для уничтожения боеприпасов методом ответной детонации. В нем подрыв уничтожаемых боеприпасов производится с помощью их ответной детонации при взрыве небольшого заряда взрывчатки, в основном пластической взрывчатки, размещаемой вплотную к уничтожаемым боеприпасам. Камера подрыва способна выдержать избыточное давление, создаваемое детонирующей внутри взрывчаткой, но не может противостоять бризантному воздействию внешних

детонаций. Максимальная масса взрывчатки, которая может быть подорвана при единой закладке, зависит от конструкции и габаритов детонационной камеры. Детонационная камера идеально подходит для уничтожения небольших партий боеприпасов среднего размера, таких, как ручные гранаты и противопехотные мины. Боеприпасы более крупного калибра (снаряды калибра > 105 мм), возможно, потребуют дробления до их уничтожения в детонационной камере.

В целях защиты персонала следует применять те же элементарные средства индивидуальной защиты, что и при открытом сжигании и прямом подрыве.



Рисунок 4.6. Передвижной вариант детонационной камеры, оборудованной глушителем и секцией очистки выхлопа

## V. Дополнительные методы утилизации боеприпасов

В главе IV были рассмотрены отдельные методы закрытого сжигания и закрытого подрыва. Применение большинства этих технологий требует ограничения размеров уничтожаемой за раз партии боеприпасов или принятия мер для ослабления наиболее разрушительных поражающих свойств боеприпасов. Утилизация боеприпасов крупного калибра может потребовать их разборки. С помощью такого варианта расснаряжения боеприпасов получают:

- высвобожденные взрывчатые компоненты, полностью пригодные для последующего удаления;
- компоненты взрывчатки, требующие механического разукрупнения.

### 1. Разборка

Разборка возможна на оружейных заводах, производящих боеприпасы. В ходе нее комплектующие

боеприпасов разделяются с помощью оборудования, которое, возможно, также применяется для производства боеприпасов. Это оборудование потребует переналадки на производственный процесс в обратном порядке и может быть доверено только квалифицированному персоналу. Весь процесс состоит из следующих операций:

- удаление из корпуса боеприпаса средств иницирования: взрывателей и детонаторов;
- удаление из снарядов капсюлей-детонаторов;
- разделение промежуточных детонаторов и запалов;
- удаление из гильзы капсюля-детонатора и зажигательной трубки;
- отделение от снарядов метательных зарядов и удаление из них метательных взрывчатых веществ.



Рисунок 5.1. Цех ручной разборки противопехотных мин (Донецк, Украина)

На соответствующем оборудовании и силами квалифицированного персонала можно производить резку корпусов боеприпасов. При механической разборке для расснаряжения боеприпасов применяются соответствующие станки. В отличие от ручной разборки механическая отличается высокой производительностью; она эффективна и требует малых трудовых затрат. Однако для полного технологичного разукрупнения боеприпасов необходим широкий набор машин и оборудования.

## 2. Механическое разукрупнение

Для механического разукрупнения корпусов боеприпасов применяется различное оборудование, такое, как токарные станки, пилы (в первую очередь ленточные), и оборудование гидроабразивной резки. Резцы применяются для вскрытия корпуса боеприпасов, отделения взрывателя от корпуса снаряда, отделения взрывчатого снаряжения от снаряда и т. д. без необходимости прибегать к использованию широкой номенклатуры специализированной техники, применяемой при разборке. Однако по своей трудоемкости и производительности этот метод близок к процессу разборки.



Рисунок 5.2. Токарный станок для резки минометной мины калибра 81 мм

Разукрупнение снарядов возможно не только с помощью резки на токарном станке, но и путем распилы или резки на части при соблюдении необходимых мер предосторожности. Такие методы могут применяться в любой стране. Пользование такой технологией для разборки боеприпасов требует соблюдения особой предосторожности в силу того, что взрывчатые наполнители чувствительны к трению.

Этот метод разукрупнения боеприпасов применим при условии принятия мер, гарантирующих безопасность персонала. Применение станков с дистанционным управлением (безлюдной технологии) в большинстве случаев может быть достаточным и обязательным условием для обеспечения безопасности производственного процесса.

Боеприпас может также быть разделан на части с применением технологии резки струей воды высокого давления с добавлением абразивного элемента, при условии, что давление струи воды не превышает 2000 бар. Как правило, обычное технологическое давление не превышает 200 бар.

Эта технология впервые стала применяться на морских платформах по добыче энергоносителей и использовалась для резки трубопроводов или открытых нефтехранилищ в присутствии углеводородных паров.



Рисунок 5.3. Оборудование для гидроабразивной резки. На вставке показан разрезанный снаряд калибра 155 мм

Технология гидроабразивной резки (ГАР) имеет то преимущество, что этот метод является гибким и позволяет производить поперечную резку любых боеприпасов: от снарядов калибра 40 мм до больших авиационных бомб и торпед. Еще одно преимущество состоит в доказанной безопасности этого метода при его эксплуатации при условии соблюдения оговоренного давления. Агрегат ГАР в первую очередь предназначен для резки боеприпасов, содержащих пластифицированную взрывчатку.

В заключение следует указать на то, что механическое разукрупнение боеприпасов является эффективным методом, при условии применения оборудования с дистанционным управлением (безлюдной технологии).

### 3. Разламывание боеприпасов при сверхнизких температурах

Эта технология была создана для обезвреживания химических боеприпасов [10]. Она состоит в том, что боеприпасы подвергаются воздействию сверхнизких (криогенных) температур в камере с жидким азотом. Под воздействием сверхнизкой температуры стальной корпус боеприпасов становится ломким. Пршедшие такую обработку снаряды далее подаются на гидравлический пресс и разламываются с целью извлечения из корпуса взрывчатого или химического материала, после чего корпус снаряда подвергается дальнейшему дроблению на более мелкие металлические фрагменты.

Благодаря низкой температуре боевой химический агент снаряда не испаряется, и поэтому металлические фрагменты и химический агент поддаются обработке в специальной печи, оборудованной системой очистки от отходящих газов.



Рисунок 5.4. Установка для криогенного разламывания снарядов на заводе „Алсетекс“, Франция (фото NAMSA)

Криогенное разламывание нашло широкое применение в Европе для промышленной демилитаризации корпусных боеприпасов малого калибра и их компонентов. Сверхнизкие температуры десенсибилизируют

ют взрывчатый материал боеприпаса, что позволяет произвести его безопасное дробление и последующую переработку в печи сжигания. С помощью этого метода уничтожены многие десятки тысяч кассетных бомб.

## VI. Методы разделения компонентов

Среди методов, обычно применяемых для отделения взрывчатых компонентов от металлического корпуса боеприпасов, следует назвать:

- выплавление;
- вымывание струей воды высокого давления;
- вымывание с помощью растворителя.

### 1. Методы выплавления

Технология выплавления широко применяется для изъятия взрывчатки и наполнителей из корпуса боеприпасов, заполняемых компонентами в расплавленном состоянии. Наиболее известным примером является TNT и составные взрывчатые вещества с тринитротолуолом, такие, как TNT/RDX, которые снаряжаются в расплавленном виде при температуре 80,35°C и выше. Технология выплавления пригодна для всех боеприпасов на базе TNN. Ввиду высокой температуры плавления RDX (205,5°C) этот метод не применим для расснаряжения боеприпасов, заполненных RDX.

Боеприпасы разогреваются до необходимой температуры в камерах, обогреваемых горячей водой/паром, или в индукционных печах. Взрывчатка плавится при температурах свыше 80,35°C и вытекает из корпуса боеприпаса. Расплавленная взрывчатка затем собирается для дальнейшей переработки или удаления. Утилизированная взрывчатка часто

используется при производстве промышленной взрывчатки для подрывных работ.



Рисунок 6.1. Выплавление TNT в автоклавах на заводе по утилизации боеприпасов в Анкаре (фото NAMSA)

- Необходимо отделять пары TNT от выхлопа
- Остаточный слой взрывчатки на стенках корпуса боеприпасов требует того, чтобы боеприпасы были подвергнуты дополнительной тепловой обработке (сжигание в ПВП или ВГД (глава IV))

Технология выплавления также используется для демилитаризации боеприпасов, содержащих белый фосфор (БФ). Боеприпасы помещают в ванну с горячей водой (50°C). Фосфор плавится при температуре 42°C и поддается сбору в воде. Этот этап необходим

в силу взрывоопасности фосфора при вступлении в реакцию с атмосферным кислородом. Утилизируемый БФ имеет промышленное применение. Небольшие партии боеприпасов с БФ могут быть уничтожены методом прямого подрыва (ПП), но при консультативном содействии специалистов по проблемам предупреждения загрязнения окружающей среды.



Рисунок 6.2. Цех выплавки белого фосфора из боеприпасов

## 2. Вымывание водяной струей

Вымывание взрывчатых наполнителей водяной струей строится на принципе применения вымывающего воздействия водяной струи под высоким давлением. С помощью вращающейся насадки водяная струя направляется на взрывчатый наполнитель. С помощью метода вымывания водой под высоким давлением можно добиться изъятия всех типов взрывчатых наполнителей из металлического корпуса боеприпасов. Метод вымывания в первую очередь подходит для удаления пластичных взрывчатых веществ (ПВВ) и других неплавких взрывчатых материалов.

Показанная на рисунке 6.3 установка способна вымывать взрывчатку из двух снарядов одновременно. Расснаряжение всех восьми показанных на рисунке снарядов на этой установке потребовало не более получаса.



Рисунок 6.3. Вымывание взрывчатки струей воды из снарядов калибра 155 мм

Особенности метода вымывания струей воды заключается в следующем:

- водяная пушка обеспечивает полное вымывание всех типов взрывчатки (за исключением плавкой взрывчатки), при этом внутри корпуса снаряда не остается даже тонкого слоя взрывчатого материала;
- менее загрязненные помещения с присутствием меньшего количества паров TNT создают более гигиеничные условия труда;
- вода, используемая для процесса вымывания, работает в замкнутом цикле (без образования загрязненных стоков);
- взрывчатка может быть отделена от воды и утилизирована;
- взрывчатка может быть трансформирована в шлам, классифицируемый как класс опасности 4.1 [11].

Установка водяной пушки может быть весьма эффективно дополнена системой гидроабразивной резки (раздел 5.2).

### 3. Вымывание с помощью растворителей

При этом методе используется растворитель, легко растворяющий взрывчатку. Поскольку большинство взрывчатых веществ, таких, как TNT и RDX, не растворимы (или, по крайней мере, почти не растворимы) в воде, приходится использовать другие растворители. Большинство взрывчатых веществ растворяются в таких растворителях как метиленхлорид, метиловый спирт, ацетон или толуол. Следует иметь в виду, что для этого процесса требуется большое количество растворителя. Поэтому необходимо предусмотреть строительство больших объектов для рекуперации и хранения растворителя. Вымывание с помощью растворителя позволяет наладить повторное использование взрывчатого материала. Этот метод обладает тем преимуществом, что обеспечивает реутилизацию дорогостоящей военной взрывчатки. Применим при необходимости расснаряжения небольших партий боеприпасов.

Метод вымывания с помощью растворителей может также использоваться для очистки металлических частей боеприпасов от остатков взрывчатки, например, снарядов, прошедших расснаряжение путем выплавления взрывчатого наполнителя. Растворитель позволяет убрать тонкий слой взрывчатки, оставшийся на внутренних стенках корпуса после выплавления взрывчатки.

Эта технология требует принятия надлежащих мер предосторожности. Испарение некоторых растворителей создает высокое давление и может их пары могут образовывать взрывоопасные смеси с воздухом, в то время как другие растворители могут быть опасны для людей в силу своей токсичности (толуол, метиленхлорид).

## VII. Методы конверсии, находящиеся на стадии эксперимента

В главах III и IV был рассмотрен метод конверсии в форме сжигания взрывчатых отходов. За последние два десятилетия появились новые экспериментальные технологии конверсии взрывчатых отходов. В их числе следует назвать:

- окисление водой в сверхкритических условиях;
- плазменно-дуговой пиролиз;
- электрохимическое травление;
- химическая реакция;
- биоразложение.

Эти экспериментальные технологии разрабатываются и используются для дезактивации особых типов отходов.

### 1. Окисление водой в сверхкритических условиях

Окисление водой в сверхкритических условиях (ОВСК), также известное как гидротермическое окисление, используется для уничтожения токсичных и опасных органических отходов в плотной, герметически закрытой системе. Это делает этот

метод привлекательным для уничтожения пиротехнических составов, содержащих хлор (например, гексахлорэтан, полихлорвенил), а также раздражающих веществ и боевых химических веществ. Речь идет о высокотехнологичном процессе уничтожения хлорсодержащих составов без образования диоксинов.

## 2. Плазменно-дуговой пироллиз

Плазменный реактор состоит из внутренней центрифуги, в которой опасные отходы нагреваются сварочными горелками, дающими плазменную дугу температурой выше 20 000°C. Отработанная вода системы очистки отходящих газов проходит обработку в испарительной камере. Это устраняет возможность сброса загрязненной воды в канализационную систему. Ввиду своего токсичного содержания (токсичные металлы) сухой остаток от процесса выпаривания загрязненной воды подлежит хранению на складе опасных отходов.

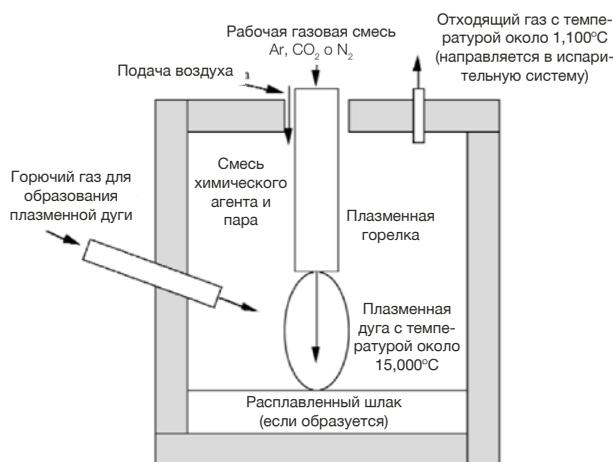


Рисунок 7.1. Схематический рисунок плазменного реактора

Технология плазменно-дугового пироллиза была разработана для уничтожения опасных отходов, таких, как химические вещества, содержащие мышьяк. Поскольку выходящий из реактора продукт пред-

ставляет собой остеклованный состав, содержащий в закрепленном виде токсичные соединения, конечные отходы должны храниться на складе опасных отходов.

Энергоносители (взрывчатка, метательные заряды и пиротехнические составы) в присутствии небольших объемов кислорода в плазменном реакторе окисляются до образования газообразных продуктов, состоящих в основном из окиси углерода, двуокиси углерода и простых углеводородов, таких, как метан, этилен и этан. Плазменно-дуговые печи требуют очень мало времени для разогрева (примерно пять минут стабильной работы) и отключения. Процесс очень энергоемок, дорогостоящ и применяется в основном для нейтрализации определенных типов химических боеприпасов. Кроме того, метод плазменно-дугового пироллиза хорошо подходит для освобождения металлических частей боеприпасов от остатков взрывчатки.

## 3. Электрохимическое травление

Эта технология, принадлежащая AEA SILVER ITM, основана на высокой окислительной способности ионов  $Ag_2^+$ , которые вырабатываются при прохождении электрического тока через раствор нитрата свинца в азотной кислоте в электрохимических элементах по типу тех, которые используются в промышленных электрохимических процессах. Электрохимические реакции, используемые в технологии SILVER ITM, относятся к классу химических процессов, имеющих групповое наименование „опосредованное электрохимическое окисление“ (ОЭО). Процессы ОЭО преподносятся как альтернатива традиционному сжиганию опасных отходов в целях их уничтожения. В силу того, что эти технологии разработаны и появились сравнительно недавно, еще накоплено мало опыта относительно их применения.

Этот процесс может использоваться для нейтрализации первичных взрывчатых веществ, таких, как азид свинца и стифнат свинца.

## 4. Биоразложение

Биоразложение использует способность микроорганизмов к потреблению химикатов, входящих в состав боеприпасов, таких, как TNT, и других взрывчатых материалов или компонентов метательных зарядов. Биоразложение - как и любой другой химический процесс - может протекать в оборудовании реакторного типа.



Рисунок 7.2. Установка по биоразложению

В силу медленного протекания реакции требуются крупные хранилища; поэтому может оказаться предпочтительным использование сельскохозяйственных методов. Почва уже полна микроорганизмов, которые способны осуществить конверсию химических веществ. Внесение безоболочных боеприпасов в землю создает для микроорганизмов оптимальные условия в почве для химической конверсии органических энергоносителей, а именно:

- обильное присутствие кислорода;
- кислотность pH почвы;
- присутствие в почве воды;
- дополнительные источники питания для микроорганизмов.

Оборудование реакторного типа лучше подходит для обработки взрывчатых отходов больших концентраций, в то время как внесение в почву может применяться для восстановления зараженных военных полигонов (с низкой концентрацией энергоносителей). Метод биодegradации не рекомендуется для обработки (отходов) метательных снарядов, содержащих тяжелые металлы (антикоррозионные добавки против эрозии оружейных стволов или снижения воспламеняемости).

## VIII. Обсуждение

Для уничтожения боеприпасов используется большое число различных технологических процессов. Прежде чем провести оценку лучших методов, следует установить ряд критериев оценки.

1. Применяемая технология должны обеспечивать необратимое разрушение боеприпасов и содержащихся в них взрывчатых веществ, метательных зарядов и пиротехнических составов.

2. Применяемая технология должна быть экологически чистой и безопасной для пользующегося ею персонала. Следует руководствоваться принципами комплексной оценки воздействия на экосистему.

3. Применяемая технология должна быть экономичной, требовать минимальных затрат энергии для разрушения боеприпасов и давать минимальные объемы отходов.
4. Применяемый комплекс технологий должен быть приемлем для уничтожения большинства типов боеприпасов.
5. При определенных условиях применяемая технология позволяет добиться безопасности боеприпасов в месте их обнаружения. При этом оставшиеся небезопасные боеприпасы подлежат транспортировке.
- Выбор наиболее приемлемой технологии для обезвреживания боеприпасов в большой степени зависит от местных условий. В целом речь будет идти не об одном технологическом процессе, а о комплексе технологий. С учетом этого ниже приводится перечень наиболее часто применяемых технологий обезвреживания боеприпасов и условий их применения.

Технология	Условия применения
Прямой подрыв	Какая-либо другая технология отсутствует или экономически нецелесообразна Транспортировка невозможна Большая опасность в силу присутствия на месте боеприпасов Боеприпасы крупного и среднего калибра
Открытое сжигание	Какая-либо другая технология отсутствует или экономически нецелесообразна Предпочтительно небольшие партии боеприпасов
Вращающаяся печь	Большие партии боеприпасов малого и среднего калибра Условная применимость для уничтожения боеприпасов крупного калибра, прошедших разукрупнение
Сжигание в псевдоожиженном слое	Большие партии безоболочных взрывчатых веществ и метательных зарядов Возможна рекуперация отходящего тепла Комбинация с ПВП
Сжигание в печи с выдвижным поддоном (ПВП)	Небольшие партии взрывателей, детонаторов, капсулей-воспламенителей и пиротехнических составов
Высокотемпературная газовая деактивация (ВГД)	Большие партии зараженного взрывчаткой металлолома
Подрыв в камере	Большие партии боеприпасов
Методы разукрупнения	Используются в сочетании с вариантами повторного использования Применяются для предварительной обработки боеприпасов до применения других технологий

Технология	Условия применения
Технологии разделения	Утилизация и повторное использование
Экспериментальные конверсионные технологии	Целевое применение для обработки опасных материалов без образования высокотоксичных веществ и для защиты окружающей среды

На практике обезвреживание боеприпасов всегда проводится с использованием некоторой комбинации из вышеперечисленных технологических процессов. Эти технологии должны быть доступны на местном уровне. Еще большее значение имеет наличие квалифицированных кадров.

При необходимости переработки больших партий боеприпасов экономически целесообразно создание стационарной установки. При необходимости переработки умеренных партий боеприпасов рекомендуется использовать мобильную установку. Многообещающим подходом может быть трансформация на месте боеприпасов в отходы класса 4.1. Этого можно

добиться путем разделения взрывчатки и металлических частей боеприпасов и последующего смешивания взрывчатки с водой и добавками [10]. Для этой конверсии все же необходима сложная технология и наличие установок по удалению опасных отходов, в том числе опасных отходов производств по демилитаризации взрывчатых боеприпасов и т. д.

Для специальных целей можно рекомендовать использование экспериментальных технологий, например, в тех случаях, когда применение технологий обычного сжигания высокотоксичных химических веществ может привести к образованию продуктов, таких, как диоксины.

## IX. Выводы

Лучшая практика способна снизить риски, связанных с демилитаризацией боеприпасов, при минимальных затратах и экологических последствий.

Применимость той или иной технологии в большой степени зависит от условий на месте и экономической целесообразности масштабов производства.

При невозможности утилизации взрывчатки она подлежит уничтожению. Многообещающей технологией является трансформация взрывчатки в отходы класса 4.1. Этого можно добиться путем смешивания энергоносителей с водой и добавками; получаемые

в результате отходы класса 4.1 могут быть безопасно сожжены на промышленных объектах в других местах.

Ограниченное число комплектующих боеприпасов подлежат переработке конкретными методами, рассмотренными в главе VI. Это в первую очередь относится к боевым химическим веществам и дымообразующим составам, содержащим гексахлорэтан или белый фосфор. Такие типы боеприпасов следует обезвреживать отдельно с принятием дополнительных мер предосторожности.

## X. Список сокращений

CN	хлорацетофенон	ПП	прямой подрыв
CS	ОВ раздражающего действия „Си-Эс“	RDX	гексоген („разработка исследовательской лаборатории X“)
ХО	химическое оружие	ОВСК	окисление водой в сверхкритических условиях
ДВР	дибутилфталат	TNT	2,4,6-тринитрометилбензол (тринитротолуол, тротил, тол)
DNT	динитротолуол	НРБ	Неразорвавшиеся боеприпасы
DPA	дифениламин		
NG	нитроглицерин		
ОС	открытое сжигание		

## XI. Библиография

- [1] *International Mine Action Standards (IMAS), 2nd edition 2003*, United Nations Mine Action Service (UNMAS) DC2 0650, United Nations, New York, NY 10017, USA, 2003
- [2] Mitchell, A.R., Coburn, M.D., Schmidt, R.D., Pagoria, P.F. & Lee, G.S., *Resource Recovery and Reuse (R3) of Explosives by Conversion to Higher Value Products*, Lawrence Livermore National Laboratory, Energetic Materials Center, Livermore, California 94550, USA
- [3] *London Convention 1972, International Maritime Organization, Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter 1972 and 1996 Protocol Thereto*
- [4] OSPAR agreement Paris, *Convention for the protection of the marine environment of the North Atlantic, Annex II.*, 22 September 1992
- [5] *Development of a Protocol for Contaminated sites Characterisation*, KTA 4-28, Final Report, September 2003
- [6] N.H.A.Van Ham; F.R. Groeneveld, *ARBO onderzoek EOCKL* (in Dutch), Report TNO 1999 A89, 1999
- [7] Teir, S., *Modern Boiler Types and Applications*, Helsinki University of Technology Department of Mechanical Engineering Energy Engineering and Environmental Protection Publications Steam Boiler Technology eBook Espoo, 2002
- [8] *A Destruction Handbook (UN)* Department for Disarmament Affairs Conventional Arms Branch, S-3170 United Nations New York, USA
- [9] EU Directive 2000/76, Dec 2006
- [10] Cryofracture process, General Atomics. Cryofracture technology for the destruction of AP mines, International Demil Conference St. Petersburg 2004.
- [11] Van Ham, N.H.A., *Safety Aspects of Slurry Explosives*, in Application of demilitarized gun and rocket propellants in commercial explosives, NATO Science Series II- Volume 3.

# Примечания