

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
Украинский государственный морской технический университет  
имени адмирала Макарова

**В.Н. Перов**

**ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ**

*Утверждено Методическим советом УГМТУ  
в качестве учебного пособия*

Николаев 2002

ББК 39.42:30.69

УДК 629.5: 658.567(07)

П-11

*Утверждено Методическим советом УГМТУ в качестве учебного пособия*

*Рецензент:*

А.С.Рашковский, доктор технических наук, профессор

**Перов В.Н.**

Технология утилизации судов: Учебное пособие. – Николаев: УГМТУ, 2002. – 24 с.

Рассмотрены вопросы утилизации выводимых из эксплуатации судов, разделки их корпусов на металлолом, возникающие при этом экологические проблемы и возможные пути их решения. Предназначено для студентов, изучающих курс "Реновация судов", может представлять интерес для специалистов, занимающихся разделкой судов на металлолом.

Ил.3, табл.3, спис. лит. – 18 назв.

УДК 629.5: 658.567(07)

© Перов В.Н., 2002

© Украинский государственный  
морской технический университет,  
2002

© Издавництво УДМТУ, 2002

## **Введение**

Технические характеристики судна, утраченные в процессе эксплуатации, в результате ремонта восстанавливаются практически до построечных значений. При этом каждый последующий ремонт будет обходиться все дороже, и в конце концов наступит такой момент, когда расходы на него не окупят прибыль от дальнейшей эксплуатации судна. Такие суда подлежат списанию.

Нередки случаи, когда эксплуатация еще вполне хороших судов в результате ошибок при проектировании или при изменении конъюнктуры рынка также является убыточной. Естественно, дальнейшая эксплуатация таких судов нецелесообразна.

Морально устаревшие суда чаще всего подвергаются модернизации и переоборудованию с изменением назначения, а зачастую и с изменением размерений судна, заменой главной энергетической установки и т.п.

Физически изношенные суда утилизируют, а их корпуса разделяют на металлолом. В данном пособии рассмотрены вопросы утилизации списанных судов, возможные варианты технологических процессов порезки судов на металлолом, возникающие при этом экологические проблемы и возможные пути их решения.

### **1. Современное состояние утилизации судов и кораблей**

Утилизация судов и кораблей является общемировой проблемой. Выпуск судов мирового флота достиг максимума в 70-е годы прошлого века, в частности в 1977 году рост общего тоннажа составил 394 млн. рег. тонн. В настоящее время возраст этих судов приближается к 30-летнему рубежу; многие из них уже списаны и утилизированы: в 1985 году масса переработанного судового лома составила 45 млн. тонн, в первой половине 90-х годов в среднем ежегодно перерабатывалось около 50...60 млн. тонн, а в первых годах нынешнего века ожидается получить от 60 до 100 млн. тонн судового лома в год [5]

Переработка судового лома осуществляется во многих регионах мира. Наиболее развита она в странах Дальнего Востока и Индокитая – Индии (до

60 % всей массы судов), Китае, Южной Корее, Пакистане и др. Это объясняется стабильно высокими в этом регионе ценами на судовую лом – до 100... ..120 дол. США за тонну (что, в свою очередь, обусловлено высоким спросом на черный металл в таких странах, как Япония, Китай, Южная Корея, Индия), наличием дешевой рабочей силы, большой протяженностью береговой линии, выделяемой для разделки судов, благоприятными климатическими условиями и отсутствием жестких законов, препятствующих загрязнению окружающей среды. Разделка судов на металл производится также в Африке (Либерия) и Европе (Испания, Великобритания). О важности этой проблемы говорит тот факт, что ассоциация японских судовладельцев и японское общество судостроителей создали объединенный комитет по исследованию утилизации старых судов [5].

В Черноморском регионе разделка судов выполняется в Турции, Румынии и Украине. По данным [5] сырьевой потенциал судов и кораблей Украины составляет более 1000 единиц общим водоизмещением порожнем почти 3 млн. тонн, при утилизации которых могут быть получены более 2 млн. тонн лома черного металла, более 170 тыс. тонн лома цветных металлов и другие материальные ценности. Однако в связи с экономическим кризисом 1998 года и последующим спадом производства в Европе спрос на черный металл и металлопрокат снизился, соответственно упал и спрос на лом черных металлов. С другой стороны, значительно выросли поставки лома из России и Украины. Так, экспорт черного лома из Украины вырос с 312 тыс. тонн в 1995 году до 3 млн. тонн в 1998 году. В результате цены на лом черных металлов на турецком рынке – основном рынке сбыта украинского металлолома – резко упали и продолжают стабильно снижаться до 50...55 дол. США за тонну на условиях FOB в морские порта Украины.

В этих условиях выдержать конкуренцию с российскими поставщиками возможно лишь в том случае, если стоимость порезки 1 тонны судового лома составит не более 15...20 дол. США. В дальнейшем, при сохранении существующих тенденций, стоимость порезки судового лома должна быть снижена до 9...12 дол. США за тонну. Достичь таких показателей возможно применением новых, более производительных методов и способов резки, новых технологических и организационных решений.

## 2. Организационно-технологические схемы утилизации судов

Существует несколько организационно-технологических схем разделки судов на металлолом. В странах ЮВА, Дальнего Востока и Африки применяется следующая из них: во время прилива судно на полном ходу выбрасывается на пологий берег. Затем большим числом рабочих его демонтируют и разделяют на металлолом. Резка производится с помощью компактного оборудования (ручная газовая резка). При демонтаже используются подъемные краны и лебедки. Утилизация одного малого судна выполняется в среднем за 4 месяца, крупнотоннажного – за 1 год. Последующая обработка скрапа осуществляется на заводе.

В развитых странах Дальнего Востока (Тайвань, Южная Корея), в Европе и Соединенных Штатах Америки демонтаж судна и порезка корпуса выше ватерлинии производятся на плаву у стационарной причальной стенки. Корпус разрезается на крупные секции, которые передаются краном на сушу для дальнейшей переработки на товарный лом. Оставшаяся часть судна с помощью слипа вытаскивается на берег, где ее также разрезают газовыми резаками. Переработка крупных секций на товарный лом осуществляется с помощью механической резки. Благодаря такой схеме утилизация крупнотоннажного судна на Тайване производится за 1,5...2 месяца.

Единственная на Украине специализированная судоразделочная база использует вторую схему. Однако процент механической резки на ней ниже, ниже и мощность кранового оборудования; применяемое для газовой резки оборудование громоздкое, что увеличивает потери времени на вспомогательные операции.

В связи с отсутствием загрузки по основному производству разделкой судов в последнее время стали заниматься судоремонтные и судостроительные предприятия, которые внесли свою лепту в разнообразие организационно-технологических схем утилизации судов. Так, например, на ГАХК ЧСЗ оставшаяся часть судна поднимается на берег с помощью двух 900-тонных козловых кранов; прорабатывается вариант вытаскивания оставшейся части судна на продольный наклонный стапель. Тяговое усилие при этом будет создаваться с помощью лебедок или козловых кранов.

В Японии, США и ФРГ запатентован способ порезки судна полностью на

плаву [5], позволяющий измерять и регулировать величины напряжений, возникающих в плоскости реза.

В Украине и особенно в России, где имеется большое количество судов в затоках по берегам рек или в бухтах в полузатопленном состоянии, которые невозможно разделить традиционными методами, возникли новые организационно-технологические схемы разделки (рис.1): создаются мобильные бригады, оснащенные автомобильным транспортом с необходимым оборудованием,

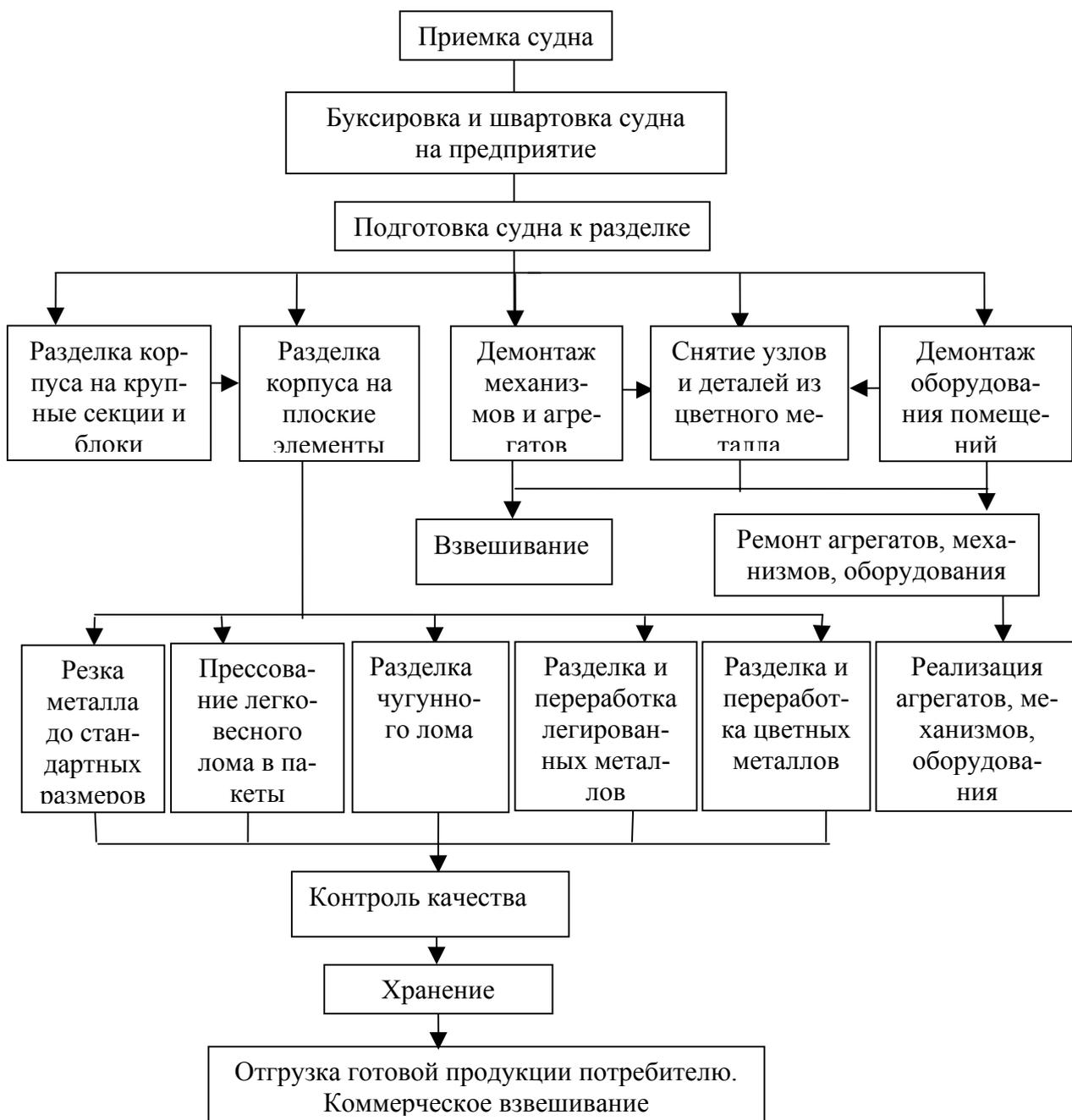


Рис.1. Организационно-технологическая схема утилизации судов и кораблей

или плавучие судоразделочные базы, оснащенные крановым оборудованием с приданием им соответствующих плавсредств [2,11]. В этом случае разделка судов, особенно притопленных, на крупные секции может осуществляться с помощью энергии направленного взрыва с дальнейшей погрузкой секций на баржи или на другие плавсредства и транспортировкой их на стационарную судоразделочную базу для дальнейшей переработки.

Как следует из рисунка, процесс разделки корпуса судна состоит из трех основных этапов: 1 – разделка крупнотоннажных судов на крупные блоки и секции; 2 – разделка полученных блоков и секций на плоские секции и перекрытия (мелкие и средние суда могут быть разделаны на плоские секции одномоментно, без предварительной разделки на блоки и крупные секции); 3 – порезка плоских секций на товарный металлолом в соответствии с требованиями ГОСТ 2787-75 [3].

### **3. Методы и способы резки корпусов судов**

#### **3.1. Общие положения**

Для порезки корпусов на металл, в принципе, могут быть использованы термический, механический и импульсный методы резки. На каждом из перечисленных выше этапов существуют свои специфические требования, поэтому предпочтение отдается тому или иному методу и виду резки.

Кроме главного и общего для всех этапов требования – дешевизны резки, на первом технологическом этапе разделки основным требованием является простота, надежность и компактность оборудования, так как здесь производительность определяется не столько скоростью резки, сколько количеством вспомогательных операций и надежностью оборудования, позволяющего производить резку с минимальной подготовкой поверхности металла.

#### **3.2. Термический метод резки**

В настоящее время на первом технологическом этапе порезки корпуса наибольшее распространение получила термическая *газокислородная (автоген-*

ная) резка ручным резаком, стоимость которой может быть снижена заменой ацетилен пропан-бутаном или керосином (керосинорезы). От применения бензорезов отказались, так как они обладают повышенной взрывоопасностью.

*Плазменная резка*, несмотря на очевидные, на первый взгляд, преимущества: более высокую скорость резки и меньший расход энергии на единицу длины реза, – не нашла широкого применения при разделке судов. Основные причины этого следующие: необходимость тщательной подготовки поверхности реза с целью строгого выдерживания расстояния от плазмотрона до поверхности реза, необходимость переналадки аппаратуры в зависимости от толщины разрезаемого материала и более громоздкая аппаратура по сравнению с газокислородной резкой. В результате общая производительность плазменной резки в несколько раз ниже газовой. К серьезным недостаткам плазменной резки следует отнести также высокий уровень шума, наличие вредного ультрафиолетового излучения и большой, по сравнению с другими видами термической резки, выброс ядовитых газов и твердых частиц в атмосферу. Она применяется для разделки изделий из коррозионно-стойкой стали и цветных металлов, например гребных винтов [8].

*Экзотермическая резка* штучными электродами [4] из-за повышенного расхода кислорода и невысокой общей производительности, вызванной необходимостью частой смены электродов, также не нашла широкого применения. Однако высокая надежность, простота и дешевизна оборудования могут позволить ей составить серьезную конкуренцию плазменной резке при разделке коррозионно-стойких сталей, цветных металлов и сплавов.

Известны попытки использования *дуговой резки порошковыми проволоками* [7], которые, однако, не вышли из стадии экспериментальных работ.

Разделка судов *лазерной резкой* также не предоставляется возможной вследствие сложности, громоздкости и дороговизны аппаратуры.

Таким образом, в настоящее время до 70 % судового лома перерабатывается газовой резкой, при этом на первом и втором этапах 100 % резки выполняется вручную газовыми резаками, а на судостроительных и судоремонтных предприятиях резка осуществляется исключительно газовыми резаками.

Ручная газовая резка производится в тяжелых стесненных условиях, зачастую в замкнутых помещениях, малопроизводительна (выработка опытных рез-

чиков не превышает 2 т/ч) и чрезвычайно вредна экологически. Во время этого процесса ацетилен (пропан-бутан, керосин), сгорая, выделяет в атмосферу окись углерода. Остатки мазута, дизельного топлива, разливы аккумуляторных кислот добавляют в выбросы диоксид серы –  $SO_2$ .

Старые, перерабатываемые на лом суда покрыты несколькими слоями красок, основу которых составляет свинцовый сурик и соединение меди. При сгорании таких покрытий в пламени газового резака в атмосферу выделяется большое количество дыма и ядовитых газов, под воздействием высоких температур происходит возгонка свинца и меди с образованием высокотоксичных аэрозолей, поступающих в воздух рабочей зоны и в организм человека. Современные краски не содержат свинца, однако они не менее токсичны, так как при сгорании выделяют ряд других вредных веществ. От 20 до 30 % рабочего времени газорезчик работает в замкнутом пространстве, т.е. в условиях наибольшей концентрации газов, и около половины времени непосредственной резки находится в неудобной позе (нагнувшись, присев или на коленях), что обуславливает максимальный контакт резчика с токсичным факелом. Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны превышает уровень ПДК в 20...30 раз. Применяемые индивидуальные средства защиты органов дыхания и вентиляция помещений позволяют уменьшить, но не исключить опасность интоксикации [5,15]. Токсичные вещества из воздуха рабочей зоны поступают в окружающую атмосферу, загрязняя ее. Так, при разделке судна массой 10000 т в атмосферу выделяются токсические продукты, способные загрязнить до уровня ПДК 350 млрд. м<sup>3</sup> воздуха радиусом 5,5 км [6].

### 3.3. Механическая резка

Наиболее производительным и экологически чистым является механический метод резки. На третьем технологическом этапе разделки корпуса судна – порезке плоских секций на товарный лом – наиболее целесообразным является применение гидравлических и механических ножниц с большой величиной подъема ножа. Чаще всего используют комбинацию ножниц: основные (продольные) разрезают подготовленную секцию на полосы длиной 2000...4000 мм и шириной 400...800 мм, а поперечные разрезают их на лом заданной ве-

личины (обычно 400...800 мм). Технические характеристики ножниц приведены в табл.1 [17].

**Таблица 1. Технические характеристики гидравлических ножниц, применяемых для резки судового лома**

Показатели	Фирма, марка ножниц								
	"Линдеманн" (ФРГ)			"Оберлендер" (ФРГ)		"Харрис" (США)		"Веццани" (Италия)	
	Lu 1041 NA 90 (Ludor)	Lu 1007 NA 55 (Lumac)	Lu 1025 NA 90	HY 2 12000-4000-7/1300	HY 2 5000-2100-6/1300	12WSCH-30-1000A	8WSCH-30-1000A	C1600/4000 (одни ножницы)	C1000LLP (двое ножниц)
Усилие реза, МН	10	10	10	13,0	13,0	9,1	9,1	10	10
Усилие прижима, МН	2,0	1,0	*	2×1,75	2×1,25	2,14	2,14	2×3,0	2,0
Усилие подачи, МН	2×1,0	1,0	*	2,0	1,25	1,23	1,23	2,0	*
Число рабочих ходов в минуту	3–5	15	*	3–4	3–4	2–3	3,5–5	2–3	11–12
Длина ножа, мм	4100	700	2500	4000	2100	3500	2500	4050	1200
Производительность, т/ч	30–60	30–45	25–40	35–50	35–50	*	*	132	66,7
Размеры камеры загрузки (длина×ширина×высота), мм	9000×4040×1150	5500×650×550	9000×2450	*	*	9140×3650×1210	9144×2438×914	9000×4100	8000×1150
Установленная мощность двигателей, кВт	6×90	400	4×90	7×75	6×75	540	6×75	750	370
Масса установки, т	132,7	345,7	*	860 (общая масса)		370	163	500	110
Габариты (длина×ширина×высота), мм	*	*	*	*	*	22100×11350×10030	21990×7770×8580	*	*

\* – нет данных.

На продольных гидравлических ножницах фирмы "Линденманн" модель Ludor NA 90 можно резать секции шириной до 4000 мм и длиной до 15000 мм на полосы, как правило, шириной 400 мм, которые затем разрезают механическими ножницами поперечной резки Lumac NA 55 на куски размером 400×400 мм. Общая производительность комплекса составляет 30...45 т/ч.

Продольные гидравлические ножницы типа NY 2 12000-4000-7/1300 (фирма "Оберлендер") позволяют разделять секции шириной до 4 м и длиной 12...15 м. Окно ножниц имеет высоту до 1250 мм, следовательно, высота набора может быть до 1,2 м. Ножницы типа NY 2 5000-2100-6/1300 этой же фирмы можно использовать в качестве поперечных, а при разделке более мелких секций длиной до 4 м, шириной до 2 м и высотой набора до 0,9 м – в качестве продольных. Ножницы работают в автоматическом режиме, возможна работа с ручным управлением. Производительность – 35...50 т/ч.

Фирма "Харрис" (США) применяет две схемы разделки судового лома – для порезки крупных и более мелких секций. В первом случае используют продольные ножницы модели 12WSCH-30-1000А с шириной ножа 3,5 м, длина разрезаемой секции до 9 м, высота набора до 1,2 м и ножницы поперечной резки FB-1023А с усилием резания 21 МН и шириной ножа 900 мм. Во втором случае применяют продольные ножницы модели 8WSCH-30-1000А с шириной ножа 2,5 м, длина разделяваемой секции до 9 м, высота набора до 900 мм и поперечные – 8WSCH-26-700 с шириной ножа 2,5 м.

Фирмой "Вещани" предложена комбинация ножниц основных (продольных) модели С1600/4000 и двух поперечных модели С1000LLP. Первые режут секции размером до 8500х4000 мм, толщиной обшивки до 30 мм и массой до 15 т на полосы размером 4000х800 мм, а вторые разрезают их на куски размером 800х400 мм, которые ленточным конвейером подаются в железнодорожные вагоны. Производительность основных ножниц 132 т/ч, каждых поперечных – 66,7 т/ч.

Таким образом, на третьем технологическом этапе разделки корпуса судна термический метод резки может быть полностью заменен высокопроизводительным и экологически чистым механическим методом. Термический метод на этом этапе следует применять в случае, если толщина листов превышает 30 мм.

При разделке крупных секций и блоков на плоские секции (второй технологический этап) можно использовать гидравлические навесные ножницы, которые монтируют на стрелах гидравлических кранов. Этими ножницами режут секции с криволинейными обводами на товарный лом.

На первом технологическом этапе разделки корпусов механический метод резки в настоящее время не применяется. В конце 80-х годов были предложены два интересных способа порезки корпусов мелких и средних судов на секции механическим методом с помощью ножа якорного типа [15]. В первом случае судно находится на стапеле или на склизе, оборудованном эстакадой с мостовым краном; нож перемещается с помощью лебедок и расположенных на тележках полиспастов, которые увеличивают тяговое усилие лебедок и ориентируют направление резки. Во втором случае судно находится на горизонтальном стапеле, а нож перемещается с помощью установки с электрогидравлическим приводом. В свою очередь, установка перемещается вдоль борта судна по рельсам. Однако оба эти способа остались на уровне технических предложений.

#### 3.4. Импульсный метод резки

Наиболее перспективный на первом этапе разделки является импульсный метод резки с использованием энергии направленного взрыва.

Применение для этой цели шнуровых кумулятивных зарядов (ШКЗ) [13] показало перспективность метода. ШКЗ представляют собой заряды из эластичного взрывчатого вещества (ВВ) в виде шнуров различного диаметра с продольной кумулятивной выемкой, облицованной гибкой металлизированной лентой на основе порошка меди или железа. Инициирование ШКЗ производится с помощью капсулей-детонаторов или электродетонаторов, крепления ШКЗ на разрезаемой поверхности – липкой лентой.

Однако вследствие ряда недостатков: наличия мощной взрывной волны, большой дальности разлета осколков и высокой стоимости резки (в 3–5 раз выше по сравнению с резкой автогенном), обусловленной дороговизной ШКЗ, – данный вид резки не получил широкого распространения.

В 80-х годах институтом электросварки им. Е.О.Патона совместно с Нико-

лаевским филиалом ЦНИИТС разработаны удлиненные кумулятивные заряды (УКЗ) и технология их изготовления, позволившая увеличить эффективность резки и значительно снизить стоимость зарядов. В качестве взрывчатого вещества в УКЗ используется одно из наиболее эффективных взрывчатых веществ – гексоген. Гранулированный гексоген помещают в медную трубку, которую затем протягивают через ряд последовательно расположенных фильер, в результате чего в трубке получается кумулятивная выемка, а гранулированный гексоген уплотняется до состояния монолита, что еще более увеличивает его эффективность (рис.2 и табл.2).

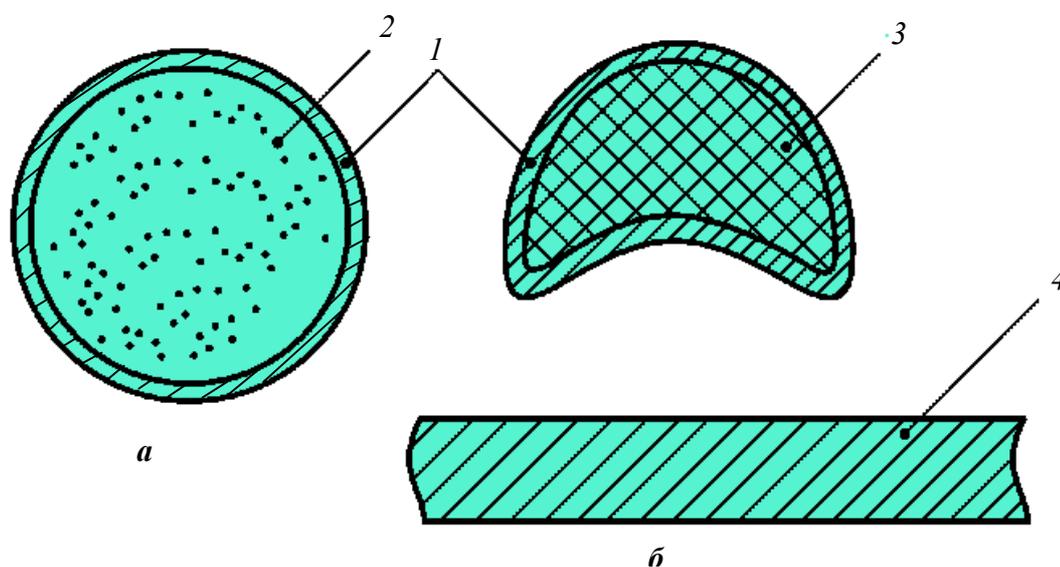


Рис.2. Схема удлиненного кумулятивного заряда:

*а* – заготовка; *б* – готовый заряд;

*1* – медная трубка; *2* – гранулированный гексоген; *3* – гексоген в монолитном состоянии;

*4* – разрезаемая конструкция

В результате для порезки металла одной толщины калибр заряда по сравнению с ШКЗ может быть уменьшен на 40 %, а стоимость резки приблизилась к стоимости резки термическим методом [1,9]. В 90-е годы этим способом был разделан на металлолом ряд судов, кораблей и подводных лодок [1,11,12,15], была подтверждена высокая эффективность резки с применением УКЗ; радиус разлета осколков при этом составлял около 50 м для крупных и 100 м для мелких судов. Вследствие уменьшения калибра заряда возможна разделка судов в пределах городской черты. Так, например, на территории завода им. 61 ком-

мунара (г. Николаев) в плавучем доке в непосредственной близости от заводских зданий и сооружений была разделана на металл дизельная подводная лодка.

**Таблица 2. Взрывчато-технические характеристики ВВ, применяемых для резки металла**

Характеристики	Взрывчатые вещества					
	Аммонит	Тротил	Гексоген	Гексоген в УКЗ	ЖВС (ракетное топливо / ВВЖИМИ)	Гексопластит
Плотность $\rho \cdot 10^3$ , т/м <sup>3</sup>	1,0...1,2	1,6	1,05	1,8	1,29	1,45...1,50
Удельная теплота взрыва $Q$ , кДж/кг	4305	4230	5500	5500	6300	5024
Скорость детонации $D \cdot 10^3$ , м/с	3,6...4,8	7,0	8,3	8,6	6,7	7,0...7,6
Удельная мощность $q \cdot 10^9$ , кДж/(м <sup>2</sup> ·с)	15,5...24,2	49,1	47,9	85,1	54,5	51,0...57,3
Критический диаметр $d_{кр}$ , мм	10...12	4,5	3,2	1,0	менее 1,0 / менее 0,3	3...4

Резка с использованием УКЗ может производиться как в надводном, так и в подводном положениях, для чего заряд помещают в специальную герметическую защитную трубку [1,9].

Длительность резки при применении взрывных технологий разделки составляет несколько миллисекунд, поэтому лакокрасочные материалы, изоляция и другие покрытия не успевают воспламениться и в атмосферу выбрасываются только продукты самого взрыва. В результате количество вредных газов, выбрасываемых в атмосферу, примерно в 1000 раз ниже, чем при термической резке [6], а замеры, выполненные через 10 секунд после проведения резки, показали отсутствие загрязнения воздушной среды [15].

Основными факторами, сдерживающими широкое применение импульсного метода резки с УКЗ, являются:

относительно высокая стоимость зарядов, обусловленная технологией их производства;

необходимость применения трубогибов для выставления зарядов на криволинейные поверхности;

необходимость изготовления и установки для каждого из типоразмеров УКЗ специальных элементов для выставления зарядов на фокусном расстоянии от поверхности реза и стыковочных узлов;

образование поля высокоскоростных осколков оболочки, что требует установки конструктивной защиты для их локализации;

загрязнение поверхности реза медью, которая является вредной примесью и снижает цену лома;

необходимость выполнения дорезки газом неполностью разрезанных взрывом деталей набора;

организационные сложности, связанные с необходимостью организации приемки зарядов, их погрузки и разгрузки, транспортировки спецтранспортом, складирования в спецскладах и их охране и т.п.

В 90-е годы был разработан новый тип зарядов для резки металла – контактный удлиненный кумулятивный заряд (КУКЗ) с жидкой взрывчатой смесью (ЖВС) [6,17]. Конструктивно КУКЗ представляет собой ЖВС в оболочке из полимерного материала (рис.3). Имеющаяся в оболочке перегородка служит для постоянства формы заряда, обеспечивает устойчивость кумулятивной струи при подрыве заряда в водной среде, благодаря сохранению воздушного пространства между кумулятивной выемкой и перегородкой. Оболочки для КУКЗ изготавливают методом экструзии из измельченных отходов полимерных материалов, что снижает их стоимость и позволяет получить заряды какой угодно необходимой длины, а следовательно, обойтись без стыковочных узлов.

В качестве ЖВС применяют компоненты топлива (окислитель и восстановитель) из ракет, подлежащих уничтожению в соответствии с международными договорами, что обеспечивает дешевизну используемого ВВ [18]. В другом варианте смесь состоит из окислителя  $H_2O_4$  (продукт отходов производства концентрированной азотной кислоты) и углеводородного горючего. Авторами

[6] она названа ВВЖИМИ или "Квазар-ВВ". Жидкие взрывчатые смеси являются мощными ВВ (см. табл.2), уступая только гексогену, а критический диаметр составляет менее 1 мм для ЖВС на основе ракетного топлива и менее 0,3 мм для ВВЖИМИ.

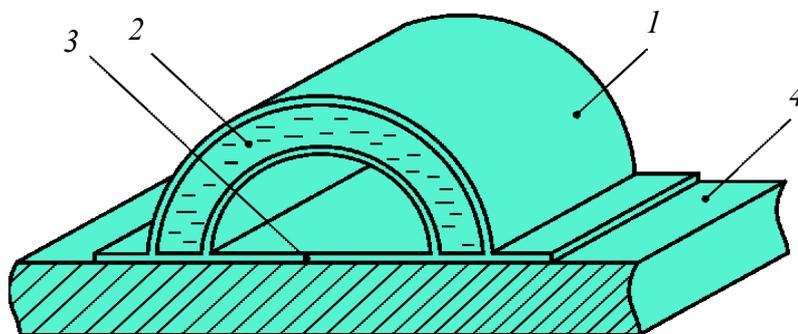


Рис.3. Схема контактного кумулятивного заряда:

1 – оболочка; 2 – жидкая взрывчатая смесь; 3 – перегородка; 4 – разрезаемая конструкция

С целью снижения трудоемкости и упрощения монтажа оболочек КУКЗ последние крепятся непосредственно на разрезаемую поверхность (отсюда слово "контактный" в названии заряда). При этом эффективность заряда снижается: толщина разрезаемого металла составляет примерно половину диаметра заряда. Однако вынужденное увеличение массы ВВ имеет и положительную сторону – отсутствие недорезов после проведения взрыва. Оболочка крепится к поверхности с помощью магнитов, липкой ленты или липкого слоя, нанесенного на перегородку в процессе изготовления оболочки.

Инициирование взрыва производится от капсулы с химическим катализатором, которая прикрепляется к открытому торцу оболочки и имеет электрические выводы для подключения напряжения. При подаче напряжения капсула с катализатором разрушается, его материал попадает в смесь, иницируя взрыв.

Компоненты ЖВС и средство взрывания – химический катализатор – сами по себе не являются взрывчатыми веществами. ВВ, как таковое, существует короткое время – от момента смешивания компонентов и заливки смеси в оболочку до момента взрыва. В результате отпадает необходимость в организации спецхранилищ, приобретении специально оборудованного автотранспорта для перевозки взрывчатки. Компоненты ЖВС можно хранить и перевозить, используя существующие емкости, железнодорожные цистерны, бензовозы и

т.п., что является неоспоримым преимуществом их применения. Следует только учитывать токсичность и химическую агрессивность окислителя. Большую часть работ, включая установку оболочек вдоль линии реза, могут производить не обученные взрывному делу рабочие.

Простота изготовления оболочек КУКЗ позволяет отказаться от использования покупных стандартных зарядов. Необходимое количество зарядов нужной длины с точно дозированным количеством ВВ в зависимости от толщины и вида разрезаемого материала изготавливается непосредственно на месте выполнения работ.

При проведении взрыва полимерная оболочка КУКЗ не создает поля высокоскоростных осколков оболочки, как это имеет место при использовании УКЗ; сечение реза не загрязняется инородным металлом. С помощью КУКЗ можно производить резку металла под водой, при этом нет необходимости изготавливать специальные герметические оболочки.

В процессе изготовления ЖВС количество компонентов подбирают таким образом, чтобы кислородный баланс был равен единице ( $A \geq 1$ ), т.е. количество содержащегося в ЖВС кислорода должно быть достаточным для получения в результате реакции взрывчатого превращения только полностью окисленных продуктов взрыва, не загрязняющих атмосферу. Взрывчатые же вещества твердого агрегатного состояния имеют отрицательный кислородный баланс (тротил  $A = 0,364$ , гексоген и октоген  $A = 0,667$ ). Таким образом, импульсный метод резки с использованием ЖВС практически экологически чистый, уступая в этом только механической резке.

Стоимость одного погонного метра реза за счет низкой стоимости полимерной оболочки и компонентов ЖВС примерно равна и даже несколько ниже, чем при кислородной резке, а производительность резки (с учетом подготовительных операций) примерно в 10 раз выше по сравнению с плазменной резкой и в 6 раз по сравнению с кислородно-ацетиленовой резкой [18] (табл.3).

**Таблица 3. Техничко-экономические характеристики различных методов резки металлоконструкций на лом**

Показатель	Резка		
	кислородно-ацетиленовая	плазменная	КУКЗ
Производительность, пог.м/смена	30	19	180

Продолж. табл.3

Показатель	Резка		
	кислородно-ацетиленовая	плазменная	КУКЗ
Затраты электроэнергии и материалов:			
электроэнергия, кВт	–	320	10
кислород, м <sup>3</sup>	36	–	–
ацетилен, м <sup>3</sup>	4,8	–	–
сжатый воздух, м <sup>3</sup>	–	400	–
отходы ПВХ, кг	–	–	100
Компоненты ЖВС, кг	–	–	50

Из сказанного следует, что импульсный метод резки с применением КУКЗ наиболее перспективен на первом технологическом этапе разделки корпусов судов. Его также можно рекомендовать и на втором этапе – разделении крупных блоков и секций на плоские элементы. При отсутствии оборудования для механической резки возможно использование этого метода и на третьем технологическом этапе – порезки лома на габаритные размеры. Однако рекомендовать его применение здесь можно только после тщательного технико-экономического анализа.

#### 4. Технологический процесс разделки судна на металлолом

##### 4.1. Операции подготовительного этапа

1. Приемка судна. Осуществляется специальной комиссией, обследующей судно на месте стоянки. По результатам обследования составляется акт предварительного осмотра. Разрабатываются организационно-технические и природоохранные мероприятия по буксировке судна к месту разделки с учетом всех регламентирующих требований и правил.

2. Буксировка и швартовка судна на предприятии. Осуществляется имеющимися на предприятии или взятыми в аренду буксирами.

3. Подготовка судна к разделке. Производится очистка судна от остатков груза, горюче-смазочных материалов и т.п., которые могут затруднить разделку или вызвать загрязнение акватории предприятия. Выполняются работы,

обеспечивающие непотопляемость судна при разделке, пожарную безопасность, соблюдение правил техники безопасности и промсанитарии.

4. Демонтаж механизмов и агрегатов, оборудования помещений, снятие узлов и деталей из цветного металла. Эти операции, кроме демонтажа винторулевого комплекса, выполняются, как правило, на плаву. Одновременно с демонтажем и снятием производится их взвешивание. Снятые оборудование, агрегаты, механизмы, узлы и детали осматривают и, в зависимости от их состояния, направляют на ремонт с целью дальнейшей реализации или на утилизацию.

#### 4.2. Разделка корпуса судна на крупные блоки и секции

Разделка корпуса судна осуществляется после подъема его на берег с помощью слипа, склиза и других судоподъемных средств, в сухом или в плавучем доке. Если вес поднимаемого судна превышает грузоподъемность этих средств, его разделяют на плаву до ватерлинии; затем оставшаяся часть поднимается на берег для дальнейшей разделки.

Разделку корпуса на блоки и крупные секции следует производить импульсным (взрывным) методом с применением контактных удлиненных зарядов с жидкой взрывчатой смесью. При этом выполняются следующие операции.

1. Разбивка корпуса на блоки и секции. Производится с учетом таких факторов, как размеры конструктивных элементов судна (размеры и конструкции танков, трюмов, твиндеков, пиков, машинного отделения, расстояния между палубами в надстройке и т.п.); характеристики имеемых на предприятии грузоподъемных и транспортных средств; а также ломоперерабатывающего оборудования.

2. Нанесение линий реза на корпус и подготовка поверхности. В соответствии с разбивкой корпуса на блоки и секции определяется общая длина реза с указанием толщин разрезаемых листов металла. Линии реза наносят на разрежаемые конструкции. При необходимости их очищают от продуктов обрастания и других загрязнений, препятствующих креплению оболочек КУКЗ.

3. Расчет параметров заряда и безопасных расстояний. Общая длина заря-

дов равна общей длине линий реза. Необходимо указать длину каждого из зарядов с учетом толщин разрезаемого металла. Масса заряда рассчитывается по формуле

$$W = \sum W_i = k_{\text{ср}} k_{\text{м}} s_i^2 l_i, \quad (1)$$

где  $W_i$  – масса ЖВС в каждом заряде, кг;  $k_{\text{ср}}$  – коэффициент, учитывающий влияние среды (при резке в воздушной среде  $k_{\text{ср}} = 0,5$ ; при резке под водой  $k_{\text{ср}} = 1,0$ );  $k_{\text{м}}$  – коэффициент, зависящий от свойств разрезаемого материала (для Ст3  $k_{\text{м}} = 8000$ , для сталей 09Г2 и 10ХСНД – 10000, для брони – 20000);  $s_i$  и  $l_i$  – соответственно толщина и длина разрезаемого металла.

При расчете формы заряда следует учитывать, что калибр (диаметр) заряда должен быть вдвое больше толщины металла, а толщина слоя ЖВС в заряде должна быть не менее размера критического диаметра.

Безопасные расстояния определяются по формуле [10]

$$r = k \sqrt[3]{Q_3}, \quad (2)$$

где  $r$  – безопасное расстояние, м;  $k = 15$  при проведении взрывов на полигонах, специальных участках и т.п.;  $k = 80$  при проведении взрывов на гражданских объектах (в цехе, в непосредственной близости от зданий, сооружений и т.п.);  $Q_3$  – энергия взрыва, выраженная в килограммах тротилового эквивалента (рассчитывается в соответствии с табл.2).

В справочнике [14] приведены данные Союзвзрывпрома по определению безопасных расстояний при воздействии наземных взрывов на остекление зданий и сооружений:

$$r = 120 \sqrt[3]{Q_3} \quad \text{при } Q_3 \geq 1000; \quad (3)$$

$$r = 35 \sqrt{Q_3} \quad \text{при } 2 \leq Q_3 \leq 1000; \quad (4)$$

$$r = 63 \sqrt[3]{Q_3^2} \quad \text{при } Q_3 \leq 2. \quad (5)$$

Анализ зависимостей (2)–(5) показывает, что безопасное расстояние при  $Q_3 \leq 1$  кг следует определить по формуле (5), при  $1 \leq Q_3 \leq 120 \dots 130$  кг – по (2) для гражданских объектов, а при  $120 \dots 130 \leq Q_3 \leq 1000$  кг – по зависимости (4). Если величина заряда превышает 1000 кг, резку следует выполнять в условиях полигона. Если безопасное расстояние больше, чем расстояние до ближайших

зданий, сооружений и т.п., то резку необходимо производить в несколько приемов, сокращая, таким образом, количество одновременно взрываемого ВВ.

4. Изготовление оболочек. Оболочки необходимой длины изготавливаются методом экструзии из измельченных отходов ПВХ с использованием фильера, сечение которых соответствует определенной выше форме зарядов.

5. Крепление оболочек. Вдоль линий реза оболочки крепятся с помощью магнитов, липкой ленты или липкого слоя, нанесенного на перегородку заряда во время его изготовления.

К открытой части оболочки прикрепляется капсула с химическим катализатором. К электрическим выводам капсулы подсоединяют провода и прокладывают участковые и магистральные линии проводов.

6. Подготовка и заливка жидкой смеси. Подготовка ЖВС производится смесительным агрегатом, где окислитель и горючее смешиваются в необходимой пропорции. Полученная смесь заливается в оболочки с помощью насоса. Для этой цели можно использовать разработанные в НПЦ "Квазар-ВВ" заливочные устройства Квазар-ЗУ носимого и возимого типов, которые позволяют автоматизировать эти процессы [6].

7. Резка. Инициирование взрыва производится подачей напряжения от штатных подрывных машинок типа КПМ-1. При этом капсула с катализатором разрушается, катализатор попадает в смесь, происходит взрыв и, как следствие, резка металла.

#### 4.3. Разделка блоков и крупных секций

Мелкие и крупные суда могут быть разделены на плоские элементы еще на первом технологическом этапе разделки. Блоки, объемные и крупногабаритные секции, на которые разделяются крупные суда, должны быть порезаны на плоские элементы, пригодные для дальнейшей переработки на механическом оборудовании. Такая разделка производится либо импульсным методом аналогично п.4.2, либо с помощью гидравлических навесных ножниц.

#### 4.4. Переработка лома до габаритных размеров

Порезка лома до размеров, соответствующих ГОСТ 2787-75 [3], осуществ-

ляется механическим методом на гидравлических ножницах фирм "Оберлендер", "Линдемманн", "Харрис" или "Веццани", характеристики которых приведены в табл.2. Судовой лом перерабатывается, как правило, на класс А-3, т.е. согласно [3] "кусовой стальной лом и отходы с содержанием безвредных примесей не более 1,5 % по массе и размерами кусков не более 800x500x500 мм; вес куска должен быть не менее 1 кг; трубы с наружным диаметром более 150 мм должны быть сплющены или разрезаны по образующей".

#### 4.5. Контроль качества и отгрузка лома потребителю

Качество лома контролирует заводская лаборатория в соответствии с требованиями ГОСТ 2787-75. Отгрузка его потребителю осуществляется кранами, оборудованными магнитными шайбами или скреперами. Если резка лома выполняется на гидравлических ножницах фирмы "Веццани", готовый лом подается в вагоны или на судно ленточным конвейером, входящим в комплект оборудования ножниц.

### Список литературы

1. *Бабанин В.Ф., Прокофьев О.П.* Перспективы использования направленного взрыва для разделки корпусов судов // Судостроение. – 1993. – № 1. – С.37–39.
2. *Воинов В.А., Данилов А.Т., Мацкевич В.Д.* О путях решения проблемы утилизации судов // Судостроение. – 1994. – № 2–3. – С.40–41.
3. ГОСТ 2787-75. Металлы черные вторичные. – Введен 01.07.77.
4. *Данченко М.Е., Лаппа А.В.* Подводная резка штучными электродами // Автоматическая сварка. – 1993. – № 8. – С.36–37.
5. *Жумыкин А.П., Шамарин Ю.Е.* Утилизация судов и кораблей. – К.: 1997. – 108 с.
6. *Каганер Ю.А., Шушко Л.А.* Квazar-технология взрывных работ и ее применение при судоразделке // Судостроение. – 1997. – № 4. – С.67–69.
7. *Лебедев В.А., Мошкин В.Ф., Пичак В.Г.* О выборе оборудования для механизированной резки порошковыми проволоками // Автоматическая сварка. – 1995. – № 6. – С.53–54,58.

8. *Муктепавел В.О.* Резка гребного винта на металлолом // Сварочное производство. – 1994. – № 7. – С.28–29.
9. Опыт применения подводной резки взрывом при демонтаже трубчатых оснований морских стационарных платформ / *В.М.Кудинов, А.Я.Коротеев, Л.А. Волгин* и др. // Автоматическая сварка. – 1987. – № 6. – С.27.
10. *Паламарчук Б.И., Вахненко В.А., Черкашин А.В.* Воздушные ударные волны при сварке и резке взрывом и методы их локализации // Автоматическая сварка. – 1988. – № 2. – С.69–72.
11. Разделка корпусов судов с помощью энергии направленного взрыва / *А.Я.Коротеев, Ю.В.Гречка, В.И.Еременко* и др. // Автоматическая сварка. – 1990. – № 8. – С.73–74.
12. *Свистешин В.* Резка списанных судов с применением взрывной технологии // Речной транспорт. – 1992. – № 10/12. – С.17.
13. *Смердов В., Воронцов В.* Импульсный метод разделки корпусов судов // Речной транспорт. – 1991. – № 10–11. – С.18–19,29.
14. Справочник взрывника / *Б.Н.Кутузов, В.Н.Скоробогатов* и др.; Под общ. ред. *Б.Н.Кутузова*. – М.: Недра, 1988. – 511 с.
15. *Совков И.П.* Разделка корпусных конструкций с применением удлиненных кумулятивных зарядов // Судостроение. – 1996. – № 4. – С.43–45.
16. *Стопцов Н.А., Буцкалев А.Н.* Виды загрязнений и мероприятия по защите атмосферы при судоразделке // Судостроение. – 2000. – № 5. – С.35–37.
17. *Фисак Е.П., Глазова Н.Д.* Механизация разделки судов на лом // Технология судостроения. – 1990. – № 8. – С.84–86.
18. *Шевчук А.М., Бутенко Г.Г., Бушмарин В.А.* Технология разделки корпусов судов с использованием жидких взрывчатых смесей // Судостроение. – 1995. – № 1. – С.38–39.

## Содержание

Введение .....	3
1. Современное состояние утилизации судов и кораблей.....	3
2. Организационно-технологические схемы утилизации судов.....	5
3. Методы и способы резки корпусов судов.....	7
3.1. Общие положения .....	7
3.2. Термический метод резки.....	7
3.3. Механическая резка .....	9
3.4. Импульсный метод резки .....	12
4. Технологический процесс разделки судна на металлолом.....	18
4.1. Операции подготовительного этапа .....	18
4.2. Разделка корпуса судна на крупные блоки и секции .....	19
4.3. Разделка блоков и крупных секций.....	21
4.4. Переработка лома до габаритных размеров .....	21
4.5. Контроль качества и отгрузка лома потребителю .....	21
Список литературы.....	22