

## Применение и оценка эффективности способов обработки металлов взрывом при выполнении задач в труднодоступных районах арктического региона

В. А. Седнев<sup>1</sup>, доктор технических наук  
Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

*Разработаны предложения по применению энергии взрыва для ремонта технических средств, выходящих из строя при выполнении различных инженерных работ, в том числе по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, в труднодоступных районах арктического региона, а также научно-методический аппарат оценки эффективности применения энергии взрыва для ремонта технических средств.*

**Ключевые слова:** инженерные работы, технические средства, энергия взрыва, критерии технико-экономической эффективности.

Арктический регион, обладающий огромными природными запасами и хорошими транспортными возможностями, привлекает внимание не только арктических и приарктических государств, но и стран Евросоюза, Китая, Японии, Южной Кореи, Индии и др. При этом обострение международных отношений вокруг запасов энергоносителей, биоресурсов, пресной воды, транспортных судоходных и воздушных путей создает опасность милитаризации Арктики.

Ежегодно в Арктику выполняется три-четыре похода многоцелевых подводных лодок ВМС США и Великобритании, в том числе один-два — в район полюса; еженедельно совершается не менее трех вылетов самолетов базовой патрульной авиации; ежегодно по планам НАТО и национальным планам проводится около 10 крупных мероприятий оперативной и боевой подготовки — военные учения «Северный край», «Айсэкс» и др. (США), «Джойнт винтер», «Нозерн викинг», «Колд респонс», «Колд челендж», «Арктик тайгер», «Арматура бореалис» и др. (НАТО). При этом США создают объединенную базу вооруженных сил на Аляске, модернизируются авиабазы

Элмендорф, Айельсон, аэродромы Барроу и Ном, разворачивается система слежения за обстановкой в арктических морях и пункт базирования береговой охраны в порту Барроу; Канада строит порт в Нунисивике, создает тренировочную базу вооруженных сил в Резольюте; Дания создала Объединенное арктическое командование вооруженных сил [1].

Российская Федерация не может безучастно наблюдать за военными приготовлениями иностранных государств вблизи своих границ, поэтому наращивает присутствие в Арктике и реализует ряд необходимых мероприятий: модернизирует гражданские аэродромы для авиации ВВС, реконструирует морские порты для обеспечения базирования кораблей и судов ВМФ, создает оперативные пункты базирования флота на трассе Северного морского пути. Для усиления группировки войск предусматривается формирование общевойсковое соединения Сухопутных войск, способного выполнять задачи в Арктике и Заполярье.

Цель проводимых мероприятий — недопущение силового давления и агрессии против России, обеспечение ее суверенных прав в Арктике, причем хозяйственная деятельность в арктических районах переплетается с интересами военной безопасности.

<sup>1</sup> e-mail: Sednev70@yandex.ru.

Наличие промышленного производства, являющегося источником техногенной опасности, также требует обеспечения безопасного функционирования объектов и территорий арктического региона и повышения эффективности системы реагирования на возможные чрезвычайные ситуации.

При этом Арктика — это экстремальные суровые климатические условия, отсутствие инфраструктуры, большие расстояния, которые необходимо преодолевать для доставки сырья и материалов. В плане развития взглядов на повышение устойчивости функционирования системы материально-технического обеспечения и готовности инженерной техники сил Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, в частности Минобороны и МЧС, в этих условиях к использованию и выполнению инженерных, аварийно-спасательных и других неотложных работ разработаны предложения по организации и повышению эффективности восстановления и ремонта инженерной техники.

Эффект данных предложений — увеличение до 7—10 раз технологических возможностей инженерных подразделений самостоятельно устранять повреждения корпусных изделий, внедрение на базах ремонта передовой технологии восстановления изношенных деталей, позволяющей исключить необходимость закупки новых деталей. Эти предложения также повышают готовность аварийно-спасательных формирований к ведению аварийно-спасательных работ за счет роста готовности применяемой техники к использованию по назначению и системы технического обслуживания и ремонта в автономных условиях.

Новизна предложений заключается в обосновании возможности применения энергии взрыва для ремонта техники, оборудования и инструмента главным образом в автономных условиях и при ведении аварийно-спасательных и других неотложных работ. При этом предлагается использовать как разрушительную способность взрыва (резка конструкций при разборе завалов и разрушений), так и его созидательную способность (сварка, рихтовка, надресовка и раздача взрывом). Это позволяет, учитывая большие плечи подвоза средств, в кратчайшие сроки, с минимальными трудозатратами и эффективно восстанавливать работоспособность техники и оборудования.

Выполнение инженерных работ при создании объектов инфраструктуры, инженерных мероприятий по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и в целом любых инженерных работ невозможно без применения технических средств и изделий различного назначения, которые, обладая определенной степенью надежности, все же будут выходить из строя по разным причинам в ходе выполнения этих задач.

При этом возможны замена вышедшей из строя техники другой, новой, или ее восстановление на месте.

Учитывая большие расстояния в арктических районах, а также то обстоятельство, что, например, ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций требует оперативного решения задач, а поставка исправного оборудования (узлов, агрегатов) из мест постоянной дислокации требует времени и не всегда возможна, целесообразна организация ремонта техники на месте, особенно если он возможен без применения специального технологического оборудования. Одним из перспективных способов ремонта является применение энергии взрыва [2—5].

Оценка эффективности технологии ремонта, основанной на применении энергии взрыва, определяется по сокращению времени ремонта техники и по критериям технико-экономической эффективности восстановления деталей. Внедрение способа ремонта целесообразно при условии, что он более эффективен, чем существующие способы ремонта.

Эффективность ремонта оценивается его качеством, сроком проведения и экономичностью. Анализ соединений, выполненных с использованием энергии взрыва, показал, что их работоспособность и износостойкость не уступают указанным показателям, полученным другими способами.

От времени восстановления поврежденной техники зависит объем инженерных, аварийно-спасательных и других неотложных работ, выполняемых аварийно-спасательными формированиями, и, следовательно, их успех в целом.

Временной показатель эффективности при сравнении способов ремонта выражается коэффициентом сокращения времени ремонта  $K_T$ , представляющим отношение времени ремонта существующими способами  $T_1$  к времени ремонта предлагаемым способом  $T_2$ .

В общем случае время ремонта выражается формулой

$$T_p = T_{инф} + T_{орг} + T_{дв} + T_{всп} + T_{техн}, \quad (1)$$

где  $T_{инф}$  — время прохождения информации о повреждении техники;  $T_{орг}$  — время на получение запасных частей для ремонта;  $T_{дв}$  — время движения подвижной ремонтной мастерской к вышедшей из строя технике;  $T_{всп}$  — вспомогательное время ремонта;  $T_{техн}$  — технологическое время ремонта.

Временные показатели для способов ремонта поврежденных, например устранения пробоины, с помощью электросварки, газосварки и путем постановки термопластыря известны (табл. 1), что позволяет определить время ремонта и значение  $K_T$  при сравнении указанных способов ремонта с предлагаемым.

Очевидно, что применение металлообработки взрывом при ремонте техники дает существенный выигрыш по времени по сравнению с электросваркой, газосваркой и клеевыми составами. Затраты времени на ремонт пробоины постановкой термопластыря и металлообработкой взрывом одинаковы, но предлагаемый способ лишен особенностей, связанных

Таблица 1. Время устранения пробойны в корпусном составном элементе техники разными способами

Способ	$T_{инф}$ , ч	$T_{орг}$ , ч	$T_{дв} = L/V_{ср}$			$T_{всп}$ , ч	$T_{техн}$ , ч	$T_p$ , ч	$K_T$
			$L$ , км	$V$ , км/ч	$T_{дв}$ , ч				
Электросварка	0,6	0,3	12	25	0,48	0,33	0,17	1,52	10,0
Газосварка	0,6	0,3	12	25	0,48	0,50	0,25	1,77	11,5
Клеевые составы	—	—	—	—	—	—	0,50	0,50	2,5
Термопластырь	—	—	—	—	—	—	0,20	0,20	1,0
Металлообработка взрывом	—	—	—	—	—	—	0,20	0,20	1,0

с постановкой термопластов. Экономическую эффективность ремонта можно выразить стоимостным коэффициентом

$$K_c = \frac{Z_1}{Z_2}, \quad (2)$$

где  $Z_1$  — затраты на восстановление работоспособности техники существующим способом;  $Z_2$  — то же предлагаемым способом (связаны с затратами на взрывчатые вещества, металл (заплаты) и вспомогательные материалы для реализации способа).

Технико-экономическая эффективность способа восстановления деталей может быть оценена критериями долговечности, экономическим и технико-экономическим показателями.

Критерий долговечности оценивает способ с точки зрения обеспечения работоспособности детали и может быть выражен через коэффициент долговечности (восстановленной и новой деталей):

$$K_d = \frac{D_{восст.дет.}}{D_{нов.дет.}}. \quad (3)$$

В зависимости от способа восстановления и применяемого материала коэффициент долговечности равен 1—2.

Экономический критерий выражается стоимостью восстановленных деталей: способ целесообразен, если стоимость восстановленной детали (которая складывается из расходов на материалы, взрывчатые вещества и остаточной стоимости детали) ниже стоимости новой.

Технико-экономический критерий связывает стоимость новой детали с затратами на ее восстановление:

$$K_{ТЭ} = \frac{C_{нов.дет.}}{C_{восст.дет.}} K_d. \quad (4)$$

В зависимости от назначения новой детали, способа изготовления и других факторов ее стоимость может превышать затраты на восстановление в 2—5 раз, при этом коэффициент технико-экономической эффективности предлагаемого способа находится в пределах 2—10.

Планирование и проведение экспериментальных исследований основываются на применении основных положений теории вероятностей и математической статистики, регрессионного и корреляционного анализа. Для исследования случайных величин определяются их основные статистические характеристики с проверкой гипотез об однородности дисперсий и адекватности модели.

Сущность эксперимента заключается в получении математической модели процесса, увязывающей учтенные факторы. В качестве модели для изучения и описания процессов используется уравнение вида [6]

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_{ij}, \quad (5)$$

где  $y$  — функция отклика;  $x_i, x_{ij}$  — значения влияющих факторов в  $i$ -м опыте на функцию отклика;  $i, j$  — номера факторов;  $b_0, b_i, b_{ij}$  — линейные коэффициенты регрессии.

Обоснование объемов испытаний и выбор оптимальных режимов сварки взрывом с целью определения необходимых характеристик механических свойств с заданной степенью точности и статистической надежности считалось задачей экспериментальных исследований. Объем выборки определялся методом подбора, при этом исходили из того, что принятый объем должен обеспечивать достоверную оценку средних значений случайной величины с заданной степенью надежности. Расчет коэффициентов регрессии выполнялся по формулам [6]:

• для свободного члена:

$$b_0 = \frac{\sum_1^N \bar{y}_i}{N}, \quad (6)$$

- для линейных членов:

$$b_i = \frac{\sum_1^N \bar{y}_i x_{ij}}{N}, \quad (7)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_1^N \bar{y}_i x_{ij} x_{ij}}{N}, \quad (8)$$

где  $\bar{y}_i$  — среднее значение выходного параметра;  $N$  — количество опытов;  $x_{ij}, x_{ij}$  — значения факторов в  $i$ -м опыте;  $i, j$  — номера факторов.

Для оценки влияния технологических факторов на характер механических свойств соединений, полученных взрывом, проводилась статистическая обработка результатов испытаний:

- определялась дисперсия в каждом опыте

$$S^2 = \frac{\sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (9)$$

и проверялась гипотеза однородности дисперсии полученных экспериментальных значений по критерию Кохрена, основанному на определении отноше-

ния максимальной дисперсии  $S_{\max}^2$  к сумме  $\sum_1^N S_i^2$

дисперсий и сравнении с табличным критическим значением  $G_T$  экспериментального значения параметра  $G_3$  (критическое значение берется из таблицы критических значений Кохрена):

$$G_M = \frac{S_{\max}^2}{\sum_1^N S_i^2}; \quad (10)$$

- рассчитывалась дисперсия воспроизводимости эксперимента

$$S^2 \{y\} = \frac{\sum_1^N \sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}{N(n-1)}. \quad (11)$$

Проверка значимости коэффициентов регрессии выполняется по  $t$ -критерию Стьюдента путем построения доверительных интервалов для каждого опытного случая. С этой целью определяли дисперсии коэффициентов регрессии:

$$S^2 \{b\} = \frac{S^2 \{y\}}{N}. \quad (12)$$

Величина доверительного интервала определялась по зависимости

$$\Delta b_i = \pm t \sqrt{S^2 \{y\}}, \quad (13)$$

где  $t$  — критерий Стьюдента при заданном числе степеней свободы;  $N$  — число опытов.

Коэффициент считался значимым, если его абсолютная величина была больше доверительного интервала. В дальнейшем после отбрасывания незначимых коэффициентов проводилась проверка гипотезы об адекватности принятой модели по  $F$ -критерию Фишера. Предварительно вычислялось значение остаточной дисперсии (адекватности):

$$S_{04}^2 = \frac{n \sum_1^N \Delta y_i^2}{f}, \quad (14)$$

где  $\Delta y_i^2$  — остаточная сумма квадратов невязок;  $f$  — число степеней свободы.

Опытное значение  $F$ -критерия Фишера определялось как отношение дисперсии адекватности к дисперсии воспроизводимости:

$$F_3 = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S^2 \{y\}}. \quad (15)$$

При  $F_3 < F_T$  гипотеза об адекватности модели принималась.

На основании полученного уравнения регрессии производилась оценка значимости и влияния каждого фактора на выходной параметр. На этапе обработки статистических результатов производилась оценка точности выполнения эксперимента и определялись диапазон практически возможных значений ошибки, практически возможная относительная ошибка, простая средняя и средняя квадратическая ошибка опыта. Если значение среднего квадратического отклонения, определенное по результатам вычисления выборочной дисперсии, незначительно отличалось от средней квадратической ошибки, то принималась гипотеза о том, что случайные ошибки распределены по нормальному закону.

Исходя из анализа результатов исследований определены варианты применения энергии взрыва (табл. 2) на основе использования табельных взрывчатых веществ для ремонта или восстановления элементов инженерной техники, пострадавшей или вышедшей из строя при выполнении инженерных работ и работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Таблица 2. Варианты применения энергии взрыва

Технологический процесс	Применение	Возможное применение
Сварка взрывом	1. Соединение металлов с одинаковыми и различными физико-механическими свойствами	Заделка пробоин, отверстий и трещин в корпусах бронированной техники, переправо-десантных средств, агрегатов, составных элементов техники из алюминиевых сплавов; крепление элементов рабочего оборудования вместо изношенного
	2. Сварка деталей различной формы (круглых, плоских, криволинейных и др.)	Сварка тяг приводов управления, тросовых канатов, изготовление ковшей, трубок гидросистем двигателя, электрических кабелей, проводов
	3. Точечная сварка	Заделка пробоин в понтонных средствах
	4. Сварка встык, металлов с неметаллами, по площади и периметру детали	Ремонт деталей различного класса материалов, имеющих определенные неисправности или повреждения
Упрочнение взрывом	Повышение твердости, прочности поверхностного слоя металлов, других физико-механических свойств. Повышение износостойкости и тем самым срока службы деталей различного назначения	Повышение в 1,5—2 раза срока службы рабочих элементов техники (зубьев, ножей, фрез, рыхлителей, откосообразователей, цепей, буровых коронок и т. д.), упрочнение ведущих звездочек ходовой части зубчатых и шлицевых изделий; упрочнение металла деталей с рабочей поверхностью износа по отверстию (посадочная поверхность зубчатых колес, отверстие под палец трака гусеничной ленты), увеличение твердости деталей
	3. Улучшение структуры материала шва, выполненного плавлением, снятие в нем остаточных напряжений, предотвращение разрушения шва	1. Упрочнение сварного шва при ремонте рам и корпусов техники, рабочего оборудования (в том числе мостов, стрел автокранов и экскаваторов). 2. Упрочнение сварного шва, выполненного в легированной (бронированной) стали, в чугунах, в изделиях из алюминиевых сплавов
Обработка металлов давлением продуктов взрыва	1. Рихтовка взрывом	Рихтовка стрел автокранов и экскаваторов, бульдозерного оборудования, раздачей топливных и масляных баков, дисков главных фрикционов
	2. Восстановление деталей взрывом	Восстановление обжатием проушины гусеничного трака, раздачей пустотелых валов деталей, имеющих износ по наружной поверхности
	3. Штамповка взрывом	Штамповка гофрированных листов, например переправочно-десантных и понтонных средств, простых единичных деталей техники
	4. Напрессовка взрывом	Напрессовка путем посадки дополнительной детали «бандажа» деталей осесимметричной формы
	5. Вырубка, чеканка, раздача, отбортовка, прокатка и протягивание	Применение при необходимости аналогичных процессов для ремонта техники взрывом
Наплавка взрывом	Восстановление методом детонационного напыления изношенных деталей	Восстановление режущего рабочего оборудования дорожно-землеройных машин и деталей системы валотверстия из твердых сплавов
Резка взрывом	Разрезание металла различной толщины	Вырезка элементов корпуса техники, резка заготовок из прокатного и сортового металла
Клепка взрывом	Качественное соединение различных материалов	Клепка корпусов и рам машин, понтонов, агрегатов
Плакирование взрывом	Повышение износостойкости и коррозионной стойкости деталей	Нанесение на изготовленную деталь тонкого слоя износ- или коррозионностойкого покрытия
Использование механической энергии продуктов взрыва	Применение энергии сжатых газов после взрыва в качестве рабочего тела	Разработка и создание «взрывного» стартера пускового двигателя, «взрывного» домкрата, отсоединение бандажа от диска опорного катка, извлечение обломанного сверла

Анализ выхода инженерной техники из строя и организации ее восстановления показал, что для повышения укомплектованности подразделений исправной техникой до требуемого уровня необходимо: увеличение возможностей расчетов машин и подвижных ремонтных средств в восстановлении техники; укомплектование инженерных, аварийно-спасательных и ремонтных подразделений простыми и эффективными способами восстановления деталей в автономных условиях; повышение межремонтного срока деталей, работающих в условиях интенсивного износа.

В настоящее время расчеты машин устраняют отдельные повреждения техники — пробойны с использованием термопластов и клеевых композиций, что позволяет с учетом особенностей этих способов частично решить задачу ремонта техники силами расчетов машин. Поэтому целесообразно оснащать подразделения комплектами ремонта деталей взрывным способом (КРД-ВС), которые могли бы применяться при устранении локального повреждения элемента техники при нарушении его работоспособности, восстановлении перебитых или обломанных тяг приводов управления и различных трубопроводов и т. д. (см. табл. 2).

Применение КРД-ВС (табл. 3) способствует не только сокращению времени восстановления техники, но и позволяет разгрузить расчеты подвижных ремонтных средств от текущего ремонта ТР-1 (при котором требуется специальное оборудование мастерских) и освоить им более трудоемкий ремонт. Аналогичными комплектами, но более широкой номенклатуры изделий, предлагается также оснастить расчеты подвижных ремонтных средств (ПРС), что могло бы исключить необходимость развертывания в некоторых случаях специального оборудования мастерских. В то же время целесообразно включить в комплекты подвижных ремонтных средств взрывчатые вещества, средства взрывания и материалы для рихтовки различных деформированных составных элементов используемой техники (корпусов, рабочего оборудования, стрел, форм баков и т. д.).

Хотя деформация по различным причинам является массовым видом повреждений, возможности расчетов подвижных ремонтных средств в восстановлении формы изделий ограничены. Исследование определения деформации стенки изделий в результате взрыва позволяет в случаях, когда изделие деформировано, рассчитать параметры заряда взрывчатого вещества, при взрыве которого возможно получить необходимый обратный прогиб, т. е. восстановить форму деформированного изделия. Такая операция требует навыков и выполнения определенных расчетов, поэтому для рихтовки взрывом необходим подготовленный ремонтник-взрывник.

В условиях нехватки исправных комплектующих изделий восстановление изношенных деталей имеет большое значение. При этом нет принципиальной

разницы в расчете параметров динамического нагружения при воздействии взрыва на детали осесимметричной формы по сравнению с деталями плоской формы. Увеличение высоты внешнего заряда на деталях осесимметричной формы в 1,3—1,5 раза компенсирует снижение скорости соударения, вызываемое большим разлетом продуктов детонации в стороны, и поддерживает необходимую величину импульса давления на поверхность металла. Нагрев деталей перед взрывом до температуры  $T_{\text{н}} = (0,25 - 0,3)T_{\text{пл}}$ , где  $T_{\text{пл}}$  — температура плавления, позволяет в 1,3—1,5 раза снизить высоту заряда. Таким образом, для получения соединения средствами взрывания на деталях осесимметричной формы возможен расчет всех параметров взрывного нагружения, как и для деталей плоской формы, при условии их нагрева в указанном диапазоне температур. Так как табельные взрывчатые вещества могут применяться для обработки металлов взрывом на деталях осесимметричной формы, целесообразно использовать их для восстановления деталей в автономных условиях.

Для организации восстановления техники предлагается создать пост взрывовосстановительных работ на базе штатных подразделений, для чего необходимы в зависимости от объема восстанавливаемых деталей один-два специалиста-взрывника и оборудование, легко размещаемое в подвижном ремонтном средстве.

Особого внимания заслуживает возможность восстановления раздачей взрывом изнутри изношенных пустотелых деталей осесимметричной формы. Исследования дают возможность оценить энергетическое воздействие взрыва на пустотелые элементы, в частности оценить величину прогиба или радиального перемещения слоя металла, что позволяет рассчитать величину раздачи взрывом изношенных пустотелых деталей, к которым могут быть отнесены различные оси, валы-шестерни, втулки, крестовины карданных валов, топливные, масляные баки и другие аналогичные детали, восстановление которых может выполняться на посту взрывовосстановительных работ.

Исследования изменений прочностных свойств металлов под воздействием ударных волн показали возрастание на 30—50% твердости поверхностного слоя обрабатываемых взрывом деталей. При этом повышение твердости практически равноценно увеличению износостойкости, т. е. срока эксплуатации деталей. В настоящее время в комплектах подвижных ремонтных средств практически отсутствует технологическое оборудование для повышения твердости поверхностного слоя деталей. В то же время только на путепрокладчике БАТ-М, используемом при прокладке дорог, расчистке завалов, тушении пожаров и др., требуют термической обработки или упрочнения поверхности около 150 наименований деталей общим количеством более 1000 единиц. Количество деталей техники, работающих в условиях истирания различных узлов, настолько велико, что

Таблица 3. Состав комплекта ремонта деталей взрывным способом

№ п/п	Комплектующие изделия	Единица измерения	Для экипажей	Для расчетов ПРС	Местонахождение, порядок получения
	Метаемый взрывом элемент (заплата) с закрепленным на нем зарядом взрывчатого вещества для устранения пробоин в корпусах:				
1	изделия — для пробоин размерами 40, 60 и 100 мм	Шт.	7; 3; 2	30; 12; 8	Упаковка № 1 (для взрывчатых веществ), хранится на складе инженерных боеприпасов
2	агрегатов изделия — для пробоин размерами 20, 40 и 60 мм	Шт.	5; 3; 2	20; 8; 2	Выдается перед применением
3	штуки различного диаметра в комплекте с зарядом взрывчатого вещества для соединения поврежденных трубопроводов и тяг приводов управления	Комплект	1	4	Упаковка № 1
4	Электродетонаторы (зажигательные трубки)	Шт.	20	100	Упаковка № 2 (для средств взрывания), выдается с упаковкой № 1
5	Термитные шашки со средствами их воспламенения	Шт.	20	200	Упаковка № 3 (для вспомогательных материалов)
6	Быстроотвердевающий клеевой состав («Спрут» и др.)	Упаковка	1	5	
7	Шкурка наждачная	м <sup>2</sup>	0,5	2,5	Хранятся в ЗИП-И машины
8	Ацетон	кг	0,25	2,0	
9	Резина техническая листовая толщиной 2—3 мм	м <sup>2</sup>	0,5	2,5	
10	Лента липкая	кг	0,1	1,0	
11	Пластилин	кг	1	2,5	
12	Полиэтиленовая упаковка для заполнения пеной, снегом, рыхлым грунтом	Шт.	10	40	
13	Заряд СЗ-1э для изготовления зарядов при рихтовке деталей	Шт.	-	3	Со склада инженерных боеприпасов
14	Бумажные земляные мешки для ограничения (при заполнении грунтом) прогиба рихтуемого изделия выше необходимой величины	Шт.	-	10	
15	Технологические карты выполнения ремонтных работ	Шт.	1	1	В упаковке № 3

выгодность увеличения их срока службы хотя бы на 10—20% трудно переоценить.

Это подтверждает целесообразность выполнения на посту взрывовосстановительных работ упрочнения

деталей взрывом, для которых необходимо повышение твердости поверхностного слоя. Так как для ряда новых деталей, выпускаемых промышленностью, разработан технологический процесс упрочнения

Таблица 4. Предлагаемое оснащение поста взрывовосстановительных работ

№ п/п	Комплектуемые изделия	Единица измерения	Количество
1	Взрывчатые вещества и средства взрывания к ним	—	Суточный запас
2	Приборы и принадлежности для производства взрывных работ	Комплект	1
3	Подрывная сеть	Шт.	1
4	Предупредительные таблички о взрывных работах	Комплект	1
5	Журнал учета расхода взрывчатых веществ и средств взрывания	Шт.	1
6	Инструкция по мерам техники безопасности	Шт.	1
7	Техническая документация по производству взрывовосстановительных работ	Шт.	1
8	Навесы для деталей: требующих восстановления прошедших восстановление	Шт. Шт.	1 1
9	Палатка для подготовительных работ	Шт.	1
10	Стол для взрывчатых веществ, вспомогательных материалов и подготовительных работ	Шт.	3
11	Вспомогательные материалы и принадлежности	Комплект	1
12	Слесарный инструмент	Комплект	1
13	Измерительный инструмент	Комплект	1
14	Материалы (устройства) для нагрева металлов	Комплект	1
15	Плита-основание для производства взрывовосстановительных работ	Шт.	2

взрывом промышленными взрывчатыми веществами, то его корректировка с учетом особенностей табельных взрывчатых веществ позволит успешно доводить до требуемой величины твердость поверхностного слоя деталей, изготовленных путем механической обработки в автономных условиях.

При этом пост взрывовосстановительных работ (табл. 4) может взаимодействовать с другими участками и постами по ремонту техники. Важными факторами, определяющими возможность применения взрывной технологии ремонта, является безопасность процесса для исполнителей, а также решение вопроса организации их снабжения взрывчатыми веществами и средствами взрывания.

Организация безопасного производства взрывных работ при ремонте техники не вызывает серьезных затруднений: табельные взрывчатые вещества являются одной из простых систем получения энергии, обладающих высокой стабильностью протекания процесса и не имеющих деления на различные подсистемы, в которых возможен отказ. При применении взрывчатых веществ для ремонта необходимо строго следовать правилам выполнения взрывных работ,

так как при взрыве зарядов, характерных для ремонта техники, легко предвидеть воздействие ударной волны на личный состав и, следовательно, необходимые меры защиты.

Просто решается и вопрос снабжения исполнителей взрывчатыми веществами и средствами взрывания, так как они являются табельными. Опыт показывает, что необходимо иметь 20—50 кг взрывчатого вещества для выполнения различных инженерных работ, устройства проходов в препятствиях на маршрутах движения и др. При этом перед началом работ под руководством ответственного должностного лица должна происходить подготовка комплектов ремонта деталей взрывным способом, состоящих из взрывчатых веществ, средств взрывания и рабочих материалов. При подготовке заряды взрывчатых веществ, необходимые для метания определенных толщин и размеров заплат, крепятся к метаемым элементам. Аналогично в зависимости от диаметров тяг и трубопроводов, характерных для конкретной машины, подготавливаются соединительные втулки в комплекте с кольцевыми зарядами. В дальнейшем элементы комплектов, в которых имеется заряд

взрывчатого вещества, размещают в отдельной упаковке и по маркам машин и подразделениям сдают на хранение на склад инженерных боеприпасов.

В отдельных упаковках на складе инженерных боеприпасов подготавливаются средства взрывания. Командиры подразделений должны получать упаковки с взрывчатыми веществами и средствами взрывания со склада инженерных боеприпасов с последующей раздачей по машинам. По окончании действий производится сдача неизрасходованных комплектов на склад. Так как следы выполнения взрывных работ на технике видны, следует создавать комиссии для осмотра техники и списания израсходованных взрывчатых веществ и средств взрывания в установленном порядке. Согласно программам подготовки личный состав инженерных подразделений обучается приемам ведения взрывных работ, при этом для подготовки ремонтников и экипажей машин к устранению повреждений на технике достаточно двухчасового практического занятия. Обучение ремонтников поста взрывовосстановительных работ может быть выполнено в течение недельной подготовки.

Сделанные выводы по вариантам применения металлообработки взрывом для восстановления техники позволяют выбирать конкретные способы ее ремонта при выполнении задач в труднодоступных районах арктического региона. При этом, например, наличие у ремонтников взрывчатых веществ в Афганистане способствовало выполнению ими поставленных задач и не привело ни к одному случаю подрыва исполнителей.

### Литература

1. Иванов Е. Арктические войны: Зачем России охранять свои ледяные границы // Аргументы и факты. — 2013. — № 15. — С. 20.
2. Седнев В. А., Копнышев С. Л. Технология проведения взрывных работ по фрагментации бочкотары и крупных объектов техники в труднодоступных районах Крайнего Севера // Арктика: экология и экономика. — 2013. — № 4 (12). — С. 96—99.
3. Седнев В. А. Методика обоснования комплекса средств механизации работ по развертыванию аварийно-спасательных формирований в Арктической зоне Российской Федерации // Арктика: экология и экономика. — 2016. — № 1 (21). — С. 102—112.
4. Седнев В. А., Копнышев С. Л. Применение энергии взрыва для решения экологических проблем районов Крайнего Севера // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2013. — № 2. — С. 52—62.
5. Седнев В. А., Скачков О. Н. Инновационные технологии обеспечения ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и автономного ремонта техники // Технологии обеспечения комплексной безопасности, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций — проблемы, перспективы, инновации: Материалы XVI международной научно-практической конференции. 17—19 мая 2011 года. Москва, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. — М., 2011. — С. 164—168.
6. Степанов М. Н. Статистическая обработка результатов механических испытаний. — М.: Машиностроение, 1972. — 231 с.