

---

---

## ЗАГАЛЬНОНАУКОВІ І СПЕЦІАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

---

---

УДК 623.52

### КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО КОНТРОЛЮ МАССЫ Артиллерийских выстрелов унитарного заряжания как элемент системы мониторинга их пороховых зарядов при длительном хранении

**О.Б. Анипко, д.т.н., проф., В.Л. Хайков, к.т.н., доц., В.Ф. Вертелецкий, с.н.с.**

*Академия ВМС им. П.С. Нахимова, г. Севастополь*

На основе проведенных экспериментальных исследований фактических масс артиллерийских боеприпасов унитарного заряжания разных годов изготовления показана допустимость операции взвешивания для контроля их пороховых зарядов

#### **Введение**

В настоящее время на арсеналах, базах и складах Военно-Морских Сил Вооруженных Сил Украины эксплуатируются боеприпасы, гарантийный срок хранения которых истек. По мере увеличения сроков хранения доля боезапаса, запрещенного к выдаче на корабль по результатам лабораторных исследований химической стойкости порохов метательных зарядов, постоянно увеличивается. Это положение усугубляется отсутствием отечественного производства артиллерийских боеприпасов морской номенклатуры.

В Вооруженных Силах СССР действовала система контроля технического состояния артиллерийских выстрелов [1]. Она включала в себя мероприятия, связанные с техническими осмотрами, проведением лабораторных и полигонных испытаний, организацией централизованного и исследовательского хранения. Работа указанной системы была направлена на обеспечение потребностей вооруженных сил путем контроля качества, своевременной ротации артиллерийских выстрелов и осуществления надзора предприятий-изготовителей за своей продукцией.

В Вооруженных Силах Украины актуальной является задача создания системы мониторинга технического состояния артиллерийских боеприпасов, не требующая значительного ресурсного обеспечения и охватывающая непосредственной проверкой значительное количество боеприпасов с максимальной оперативностью.

Одним из элементов создаваемой системы мониторинга может быть экспресс-проверка унитарных артиллерийских выстрелов репрезентативной выборки из валовой партии, включающая в себя периодическое взвешивание боеприпасов на протяжении длительного времени хранения.

Анализ современных исследований показывает, что при длительном хранении пироксилиновых порохов их плотность уменьшается из-за изменения общего содержания летучих компонентов и процентного содержания азота в нитроцеллюлозе. Так, в [2, 3] говорится о возможности следить за ходом процесса разложения пироксилинового по-

роха по потере массы последнего с течением времени. В [4 - 7] показана возможность использования такой характеристики, как плотность пороховой массы в экспресс-методах оценки геронтологических изменений свойств порохового заряда. В [8] выявлен эффект меньшей средней массы более «старых» по календарному сроку хранения по отношению к более «новым» для танковых боеприпасов раздельно-гильзового заряжания (пороховые метательные заряды 4Ж40). В доступной литературе не уделяется должного внимания использованию указанного эффекта для оценки свойств порохового заряда УАВ.

### **Постановка цели и задач научного исследования**

Целью работы является разработка комплекса мероприятий по отбору боеприпасов из валовой партии для получения первичных данных об изменении массы порохового заряда УАВ в зависимости от времени хранения.

Для достижения цели необходимо провести экспериментальное исследование изменения массы УАВ различных годов выпуска со статистической обработкой полученных данных, а также обосновать допустимость применения операции взвешивания артиллерийского выстрела как элемента мониторинга их технического состояния.

### **Результаты исследования**

Ввиду отсутствия и недостаточной достоверности данных об изменении массы порохового заряда артиллерийских боеприпасов малого калибра при хранении был проведен эксперимент по исследованию их фактических масс.

Методика проведения эксперимента включает в себя случайный отбор боеприпасов, организацию взвешивания и статистическую обработку результатов.

Для взвешивания были определены на выбор семь партий артиллерийских патронов семи разных годов выпуска, хранятся в одинаковых условиях подземного неотопливаемого хранилища:

- 4 партии 25/80 клб 1953, 1964, 1977, 1986 гг.;
- 3 партии 30/54 клб 1972, 1982, 1985 гг.

Отбирались боеприпасы с максимально сходной комплектацией (по чертежу снаряда, взрывателю, метательному заряду, гильзе, капсульной втулке (капсюлю)).

Из каждой назначенной партии случайным образом были выбраны по два элева-торных ящика, в которых хранятся артиллерийские выстрелы.

Для измерения их массы использовались электронные весы лабораторные ТВЕ–1–0,01 со следующими характеристиками: предел измерения – 0,5...10 г; цена деления – 0,01 г; предел допустимой погрешности – 0,1 г; класс точности – II [9].

Весы были установлены возле входа в хранилище на устойчивом столе и выставлены по встроенному уровню с помощью регулировки установочных ножек. Время одного измерения составляло 5 с.

Всего было взвешено 272 унитарных выстрела калибра 25/80 к артиллерийской установке 2М-3М и 140 унитарных выстрелов калибра 30/54 к артиллерийской установке АК-630. Все результаты измерений сведены в 14 таблиц [10].

Показания индикатора весов при взвешивании 25 мм боеприпасов УОЗР-85 из второго ящика 1986 года выпуска (партия 49-86-184), условное обозначение 86/2, и при взвешивании 30 мм боеприпасов УОФ-84 из первого ящика 1982 года выпуска (партия 192-82-184), условное обозначение 82/1, представлены в табл. 1 и 2.

Т а б л и ц а 1

## Результаты взвешивания для элеваторного ящика 86/2

№	Масса, г	№	Масса, г	№	Масса, г	№	Масса, г	№	Масса, г
1	649,16	8	649,48	15	647,90	22	646,97	29	648,51
2	649,37	9	649,92	16	647,27	23	646,71	30	649,62
3	649,00	10	648,30	17	646,30	24	650,02	31	648,51
4	649,00	11	647,86	18	650,23	25	651,44	32	649,20
5	650,49	12	648,49	19	652,85	26	647,21	33	649,37
6	647,22	13	649,64	20	651,03	27	648,10	34	648,17
7	650,35	14	649,90	21	648,83	28	649,62	-	-

Т а б л и ц а 2

## Результаты взвешивания для элеваторного ящика 82/1

№	Масса, г	№	Масса, г	№	Масса, г	№	Масса, г
1	840,20	7	836,86	13	837,53	19	832,57
2	834,89	8	836,51	14	832,47	20	829,93
3	840,04	9	834,64	15	838,41	21	834,34
4	836,59	10	835,78	16	840,76	22	835,1
5	835,17	11	836,60	17	839,27	-	-
6	831,98	12	838,13	18	836,63	-	-

При первичной обработке полученной информации произведена оценка выборочного математического ожидания (ВМО) и выборочного среднеквадратического отклонения (ВСКО) следующим образом (соответственно):

$$\bar{x}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_x)^2 \right)},$$

где  $n$  – количество взвешиваемых (отобранных) УАВ из партии (объем выборки);

$i$  – номер проведенного измерения;

$x_i$  – экспериментально определенное значение массы выстрела.

Результаты первичной обработки статистических данных значений масс артиллерийских выстрелов внутри элеваторных ящиков, представлены в табл. 3, 4.

Выбросы значений масс артиллерийских выстрелов отсутствуют,  $\bar{x}_x$  и  $\tilde{\sigma}_x$  двух типов боеприпасов в ящиках одинаковых годов выпуска согласуются между собой, что позволяет их объединить в целях укрупнения выборок артиллерийских выстрелов внутри каждой партии боеприпасов.

Для выстрелов УОЗР-85 получены 4 выборки по 68 выстрелов. Выстрелы УОФ-84 перегруппированы в три выборки: две из них содержат 44 выстрела, а одна 52 выстрела.

Для укрупненных выборок определены как точечные оценки  $\bar{x}_x$ ,  $\tilde{\sigma}_x$ , так и интервальные оценки для математического ожидания каждой из генеральных совокупностей –  $m_x$ .

Полученные данные объединены в табл. 5 - 8.

Т а б л и ц а 3

**Результаты первичной обработки статистических данных для боеприпасов УОЗР-85**

Условное обозначение элеваторного ящика	Общее кол-во, шт.	Масса, г		Точечные оценки, г	
		минимум	максимум	$\bar{m}_x$	$S_x^2$
53 / 1	34	637,72	643,98	640,53	1,52
53 / 2	34	637,86	644,90	640,57	1,95
64 / 1	34	633,42	641,55	637,62	2,15
64 / 2	34	631,69	638,44	636,05	1,77
77 / 1	34	639,14	648,75	644,46	1,73
77 / 2	34	638,84	647,39	642,87	2,11
86 / 1	34	645,38	651,96	648,37	1,70
86 / 2	34	646,3	657,03	649,20	1,99

Т а б л и ц а 4

**Результаты первичной обработки статистических данных для боеприпасов УОФ-84**

Условное обозначение элеваторного ящика	Общее кол-во, шт.	Масса, г		Точечные оценки, г	
		минимум	максимум	$\bar{m}_x$	$S_x^2$
72 / 1	22	815,3	827,93	821,16	2,42
72 / 2	22	814,56	825,21	820,88	2,63
82 / 1	22	829,93	840,76	836,38	2,87
82 / 2	22	830,08	839,71	835,17	2,49
85 / 1	26	832,35	842,83	837,38	2,72
85 / 2	26	832,25	844,54	837,19	2,75

Т а б л и ц а 5

**Оценки массовых характеристик укрупненных выборок боеприпасов УОЗР-85**

№	Год выпуска	Кол-во выстрелов, шт.	Оценки разброса массы, г			Точечные оценки, г	
			минимум	максимум	Разброс массы	$\bar{m}_x$	$S_x^2$
1	1953	68	637,72	644,90	7,18	640,55	1,74
2	1964	68	631,69	641,55	9,86	636,83	2,11
3	1977	68	638,84	648,75	9,91	643,66	2,08
4	1986	68	645,38	657,03	11,65	648,79	1,89

Примечание. Артиллерийские выстрелы УОЗР-85 (партия 1953 года) имеют снаряд, отличный по чертежу от трех остальных. Этот снаряд содержит два ведущих пояска, что увеличивает его массу по отношению к снаряду с одним пояском.

Проверка гипотезы о нормальном законе распределения масс УАВ «укрупненных» выборок для двух типов (УОЗР-85, УОФ-84) была проведена с использованием критериев согласия Колмогорова-Смирнова и Лиллиефорса. В обоих случаях нулевая гипотеза о нормальном распределении укрупненных выборок подтвердилась. Это послужило основанием для использования нормального закона распределения в качестве модели распределения массы УАВ в валовых партиях.

Т а б л и ц а 6

## Оценки разброса и точечные оценки массовых характеристик укрупненных выборок боеприпасов УОФ-84

№	Год выпуска	Кол-во выстрелов, шт.	Оценки разброса массы, г			Точечные оценки, г	
			минимум	максимум	Разброс массы	$m_x$	$S_x$
1	1972	44	814,56	827,93	13,37	821,07	2,53
2	1982	44	823,31	840,76	17,45	835,30	3,23
3	1985	52	832,25	844,54	12,29	837,29	2,71

Т а б л и ц а 7

## Интервальные оценки массовых характеристик укрупненных выборок боеприпасов УОЗР-85

№	Год выпуска	Количество выстрелов, шт.	$\epsilon_p = 0,9$	Доверительный интервал при $p = 0,9$ , г
1	1953	68	0,35г	$640,20 \leq m_x \leq 641,90$
2	1964	68	0,42	$636,41 \leq m_x \leq 637,25$
3	1977	68	0,42	$643,24 \leq m_x \leq 644,08$
4	1986	68	0,38	$648,41 \leq m_x \leq 649,17$

Т а б л и ц а 8

## Интервальные оценки массовых характеристик укрупненных выборок боеприпасов УОФ-84

№	Год выпуска	Количество выстрелов, шт.	$\epsilon_p = 0,9$	Доверительный интервал при $p = 0,9$ , г
1	1972	44	0,63	$820,44 \leq m_x \leq 821,7$
2	1982	44	0,8	$834,50 \leq m_x \leq 836,10$
3	1985	52	0,62	$836,66 \leq m_x \leq 837,92$

При доверительной вероятности  $p = 0,9$  определена точность оценки математического ожидания массы УАВ генеральной совокупности –  $\epsilon$ , а также доверительный интервал указанного математического ожидания для каждой партии.

Для заданной точности оценки  $\epsilon_1 = 0,1$  г,  $\epsilon_2 = 0,6$  г и  $\epsilon_3 = 0,5$  г., значения которых определены следующим образом: величина  $\epsilon_1$  соответствует значению предела допустимой погрешности весов, с помощью которых проводилось взвешивание; значения величин  $\epsilon_2$  и  $\epsilon_3$  получены, исходя из данных, показанных в [11], и доверительной вероятности  $p = 0,9$ , определены объемы выборок  $n_1, n_2, n_3$  соответственно, которые необходимо извлечь при проведении мониторинга состояния УАВ.

Объемы выборок  $n_1, n_2$  и  $n_3$  рассчитаны по формуле

$$n_i = t_i^2 \tilde{S}_{ix}^2 / e_i^2 \quad i = 1, 2, 3,$$

где  $t_i$  – значение функции Лапласа;

$\tilde{S}_{ix}$  – выборочное среднеквадратичное отклонение;

$e_i$  – точность оценки.

Полученные результаты сведены в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

**Объемы выборок УАВ из различных валовых партиях, извлекаемых для мониторинга**

№	Тип выстрела	Год выпуска	Партия	$n_1$	$n_2$	$n_3$
2М-3М						
1	25 мм УОЗР-85	1953	121Е398	825	23	-
2	25 мм УОЗР-85М	1964	17-64-184	1212	34	-
3	25 мм УОЗР-85МД	1977	41-77-184	1178	33	-
4	25 мм УОЗР-85У	1986	49-86-184	973	27	-
АК-630						
5	30 мм УОФ-84	1972	19-72-84	1743	-	70
6	30 мм УОФ-84	1982	192-82-184	2840	-	114
7	30 мм УОФ-84	1985	102-85-184	2000	-	80

В целях определения основных «источников» изменения массы УАВ на основании данных, представленных в [12, 13], произведено распределение массы в выстрелах, результат приведен в табл. 10, 11.

Т а б л и ц а 10

**Структура массы в выстреле УОЗР-85 (2М-3М)**

№	Составные части выстрела	Конструктивные элементы составных частей выстрела	Масса, г
1	Снаряд	Корпус и ведущая система	247,0
		Заряд взрывчатого вещества	11,35
		Взрыватель	23,0
		Итого:	281,35
2	Гильза	Гильза	243,0
		Средства воспламенения	22,0
		Итого:	265,00
3	Пороховой заряд	Метательный заряд	92,50
		Воспламенитель	2,50
		Размеднитель	2,0
		Итого:	97,0
Всего:			643,35

Главным источником убывания массы УАВ во времени является процесс деградации порохового метательного заряда, что согласуется с ранее проведенными исследованиями [4 - 8].

В результате эксперимента получены значения дефекта масс метательных зарядов от паспортных (табличных) значений в диапазоне 5...15 %.

В [11, 14] указан допуск на взвешивание порохового метательного заряда при его изготовлении, а именно: если навеска пороха находится в диапазоне 0...100 г, то допуск составляет  $\pm 0,5$  %; а если в диапазоне 101...250 г, то допуск составляет  $\pm 0,3$  %.

Т а б л и ц а 11

## Структура массы в выстреле УОФ-84 (АК-630)

№	Составные части выстрела	Конструктивные элементы составных частей выстрела	Масса, г
1	Снаряд	Корпус и ведущая система	247,0
		Заряд взрывчатого вещества	48,5
		Взрыватель	23,0
		Итого:	390,0
2	Гильза	Гильза	243,0
		Средства воспламенения	22,0
		Итого:	265,00
3	Пороховой заряд	Метательный заряд	118,0
		Воспламенитель	2,50
		Размеднитель	1,0
		Итого:	97,0
		Всего:	832,2

Таким образом, при изготовлении допустимая погрешность величины массы порохового заряда значительно меньше дефекта масс, который выявлен при длительном хранении, то есть диапазон разброса масс, который получается при длительном хранении порохового заряда УАВ, перекрывает диапазон разброса масс, образующегося при изготовлении.

При одинаковых условиях хранения и проведении периодических взвешиваний одних и тех же выстрелов возможно определение изменения характеристик боеприпасов всей партии по изменению массы одного УАВ, так как закон, по которому происходит процесс геронтологических изменений пороха метательного заряда, а следовательно, и изменения массы выстрела, известен. Но при этом не учитывается возможность разной степени завальцовки гильз в партии выстрелов, а также появление других технологических отклонений массы от требований чертежа при изготовлении артиллерийских боеприпасов.

Предлагаемый комплекс мероприятий экспресс-проверки технического состояния УАВ предполагает выявление образования дефекта массы выстрела, происходящее в процессе длительного хранения.

### Выводы

1. Комплекс мероприятий экспресс-проверки артиллерийских боеприпасов унитарного заряжания взвешиванием рационально использовать в качестве одного из элементов системы мониторинга их технического состояния при длительном хранении. При этом целесообразно организовывать как долговременные наблюдения за снижением средней массы выстрела из репрезентативной выборки в валовой партии, так и дострельбовую проверку выдаваемых на корабли боеприпасов в целях введения поправок при подготовке к стрельбе.

2. Получены «точечные» и интервальные оценки массовых характеристик боеприпасов внутри валовых партий унитарных боеприпасов малого калибра морской номенклатуры различных годов выпуска. Определены закон и параметры распределения массы боеприпаса.

3. Установлено, что при выборке  $n > 34$  для артиллерийских выстрелов к АУ 2М-3М и при выборке  $n > 114$  для артиллерийских выстрелов к АУ АК-630 расхождение между выборочным математическим ожиданием значения массы УАВ и этой же характеристикой генеральной совокупности позволяет считать выборку репрезентативной.

4. Соотношение погрешности изготовления УАВ и дефекта масс, возникающего в процессе его длительного хранения, делает допустимым применение операции взвешивания в качестве экспресс-проверки.

### **КОМПЛЕКС ЗАХОДІВ ЩОДО КОНТРОЛЮ МАСИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ПОСТРІЛІВ УНІТАРНОГО ЗАРЯДЖАННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЇХ ПОРОХОВИХ ЗАРЯДІВ ПРИ ТРИВАЛОМУ ЗБЕРІГАННІ**

**О.Б. Аніпко, В.Л. Хайков, В.Ф. Вертелецький**

На основі проведених експериментальних досліджень фактичних мас артилерійських боеприпасів унітарного заряджання різних років виготовлення показана допустимість операції зважування для контролю їх порохових зарядів

### **MEASURES COMPLEX on the MASS CONTROL of ARTILLERY SHOTS of the UNITARY LOADING as an ELEMENT of the MONITORING SYSTEM of their GUNPOWDER CHARGES under LONG-TERM STORAGE**

**O.Anipko, V. Haikov, V. Verteletsky**

On the basis of experimental researches of actual masses of the unitary loading artillery ammunitions of different production years the ammunitions weighing operation is shown to be acceptable for the control of their powder charges.

#### **Список использованных источников**

1. *Аніпко О.Б.* Система мониторинга артиллерийских боеприпасов и анализ ее возможных структур по степени рациональности / О.Б. Аніпко, В.Л. Хайков / Интегрированные технологии и энергосбережение. - 2012. - № 2. - С. 148 - 159.

2. *Андреев К.К.* Термическое разложение и горение взрывчатых веществ / К.К. Андреев. - М.: Наука, 1966. - 339 с.

3. *Горст А.Г.* Пороха и взрывчатые вещества / А.Г. Горст. - М.: Машиностроение, 1972. - 208 с.

4. *Аніпко О.Б.* Экспресс плотнометрия метательных зарядов корабельных артиллерийских боеприпасов / О.Б. Аніпко, В.Л. Хайков // Интегрированные технологии и энергосбережение. - 2011. - № 1. - С. 46 - 57.

5. *Аніпко О.Б.* Экспресс-метод оценки состояния пороховых метательных зарядов для аналитического модуля системы мониторинга боеприпасов / О.Б. Аніпко, В.Л. Хайков // Зб. наук. пр. Академії Військово-Морських Сил ім. П.С. Нахімова. - 2012. - С. 60 - 71.

6. *Аніпко О.Б.* Анализ методов оценки состояния пороховых зарядов как элемент системы мониторинга артиллерийских боеприпасов / О.Б. Аніпко, В.Л. Хайков // Интегрированные технологии и энергосбережение. - 2012. - № 3. - С. 60 - 71.

7. *Bohn M.A.* Ammunition monitoring in field situations by stabilizer consumption and molar mass decrease as predictive tools / M.A. Bohn // Paper 25 on the 37th International Annual Conference of ICT, June 27 to 30, 2006. - Karlsruhe, Germany. Proceedings 2006. - P. 25 - 1 to 25 - 19. Fraunhofer – Institut für Chemische Technologie (ict), D-76318 Pfinztal. (Перевод: Мониторинг боеприпасов в полевых условиях с прогнозированием уменьшения процентного содержания стабилизатора и снижения молярной массы).

8. *Анипко О.Б.* Внутренняя баллистика ствольных систем при применении боеприпасов длительных сроков хранения: монография / О.Б. Анипко, Ю.М. Бусяк – Х.: Академия ВВ МВД Украины, 2009. – 128 с.

9. ДСТУЕН 45501:2007. Прилади неавтоматичні зважувальні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань.

10. НДР "Геронтологія" / Академія Військово-Морських Сил ім. П.С. Нахімова // Тактико-технічне завдання на науково-дослідну роботу «Аналіз впливу тривалості зберігання пострілів унітарного спорядження корабельних артилерійських комплексів на зміну їх фізико-хімічних та балістичних характеристик», шифр "Геронтологія", затверджене Командувачем Військово-Морських Сил Збройних Сил України 28.03.2013 року.

11. *Ермолаев С.И.* Внутренняя баллистика / С.И. Ермолаев, Л.Б. Комаров, Е.В. Чурбанов. – Л.: Воениздат, 1963. – С. 438.

12. Таблицы комплектации боеприпасов морской артиллерии ТБП-66. – М.: Воениздат, 1966. – 120 с.

13. Таблицы комплектации боеприпасов морской артиллерии ТБП-80. - М.: Воениздат, 1980. – 57 с.

14. *Анипко О.Б.* Изменение физико-химических свойств порохового заряда и начальной скорости артиллерийских боеприпасов морской номенклатуры калибров 25/80 и 30/54 / О.Б. Анипко, В.Ф. Вертелецкий // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2013. – № 2. – С. 74 – 80.

Надійшла до редакції 31.10.2013 р.  
Після доопрацювання 14.11.2013 р.

УДК 539.16.08(07)

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ВНЕШНЕГО КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ**

**А.В. Афанасьев, к.т.н., доц., Е.В. Тарасов, инж.**

*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности*

В целях осуществления внешнего контроля радиационной обстановки авторами разработана схема устройства для передачи сигнала внешнему оператору с использованием возможностей сотовой телефонной связи. Изготовлен и испытан действующий макет устройства.

### **Введение**

В настоящее время в Украине широко распространена практическая деятельность, связанная с использованием источников ионизирующих излучений. Согласно отчету Государственной инспекции ядерного регулирования за 2012 год [1], в автоматизированную базу данных Регистра источников внесена информация о 25305 источниках ио-