

АНАЛИЗ ШУМОЗАХИСНЫХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СКЛАДОВИХ КОНСТРУКЦИЙ З ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ

В результаті проведених досліджень визначенні основні показники звукоізоляції огорожувальних конструкцій у лабораторних умовах. Результати роботи можливо використати для розробки рекомендацій з проектування внутрішніх та зовнішніх стін для офісних приміщень з метою забезпечення необхідної звукоізоляції для досягнення нормативних рівней звуку на робочих місцях промислових підприємств, в офісах та житлових приміщеннях.

Ключові слова: звукоізоляція, листові матеріали, робочі місця, житлові приміщення, ревербераційна камера, шумомір.

Саньков Петр Николаевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра архитектуры, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», Днепр, Украина, e-mail: petr_sankov@mail.ru.

Макарова Вера Николаевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра экологии и охраны окружающей среды, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», Днепр, Украина, e-mail: boyikova@mail.ru.

Ткач Наталья Алексеевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра экологии и охраны окружающей среды, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», Днепр, Украина, e-mail: tkach_nati@mail.ru.

Гваджаиа Бежан Джумберович, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт, ГВУЗ «Приднепровская

государственная академия строительства и архитектуры», Днепр, Украина.

Саньков Петро Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра архітектури, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», Дніпро, Україна.

Макарова Віра Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра екології та охорони навколишнього середовища, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», Дніпро, Україна.

Ткач Наталія Олексіївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра екології та охорони навколишнього середовища, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», Дніпро, Україна.

Гваджаїа Бежан Джумберович, старший науковий співробітник, Науково-дослідний інститут, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», Дніпро, Україна.

Sankov Petro, SHEI «Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», Dnipro, Ukraine, e-mail: petr_sankov@mail.ru.

Makarova Vera, SHEI «Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», Dnipro, Ukraine, e-mail: boyikova@mail.ru.

Tkach Nataliia, SHEI «Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», Dnipro, Ukraine, e-mail: tkach_nati@mail.ru.

Gvadzhaia Bezhan, SHEI «Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», Dnipro, Ukraine

УДК 623.52

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.85462

Бирюков А. И.,
Бирюков И. Ю.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИСТОЩЕНИЯ ПОРОХОВЫХ ЗАРЯДОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ БОЕПРИПАСОВ

Проведен сравнительный анализ табличных и реальных (за последние 5 лет) температур окружающей среды. Разработана методика прогнозирования изменений температуры окружающей среды. Определена степень влияния на интенсивность истощения пороховых зарядов, при долгосрочном хранении боеприпасов, как изменения температуры окружающей среды в целом, так и суточных, месячных и сезонных ее колебаний в частности.

Ключевые слова: температура окружающей среды, истощение пороховых зарядов, боеприпасы длительного срока хранения.

1. Введение

Проблема ухудшения баллистических характеристик оружия, которая связана с истощением пороховых зарядов в результате их естественного старения, для Украины не нова, но ее актуальность возрастает с каждым днем прямо пропорционально увеличению сроков хранения боеприпасов.

Реальное положение имеющихся на складах и базах боеприпасов указывает на то, что их подавляющее большинство не обновляется, а их сроки хранения уже значительно превышают гарантийные и составляют 25–30 лет, а по некоторым видам и еще больше. При этом достоверных данных или экспериментальных исследований по физико-химическим изменениям пороховых зарядов на таких длительных сроках хранения не проводилось.

Одними из основных факторов, влияющих на интенсивность истощения пороховых зарядов при их хранении вообще, а такого длительного — тем более, есть изменения температуры окружающей среды.

На основании указанного можно утверждать, что научные исследования и разработки, касающиеся этого влияния, уже имеют актуальность в настоящее время, а в последующие годы их актуальность будет только возрастать.

2. Объект исследования и его технологический аудит

Объектом исследования является изменение физических свойств пороховых зарядов боеприпасов длительного срока хранения в процессе их истощения вслед-

ствии физико-химических процессов с учетом изменений температуры окружающей среды.

Предметом исследования являются баллистические характеристики боеприпасов длительного срока хранения на разных сроках его длительности.

Процесс ухудшения баллистических характеристик боеприпасов длительных (более 30-ти лет) сроков хранения происходит по причине такого необратимого процесса, как старение порохового заряда. Между этими процессами существует прямая зависимость: чем больше срок хранения боеприпасов — тем дольше в пороховых зарядах происходил ряд физических процессов, которые и есть причиной ухудшения как баллистических характеристик боеприпасов в целом, так и тактико-технических характеристик оружия вообще.

Такой факт особенно недопустим при боевом применении оружия во время выполнении служебно-боевых и боевых задач. А при использовании оружия на территории проведения антитеррористической операции в Восточных областях государства в условиях непосредственного соприкосновения с незаконными вооруженными формированиями эта проблема становится особенно актуальной.

3. Цель и задачи исследования

Целью исследования является выявление закономерности влияния изменения температуры окружающей среды на интенсивность истощения пороховых зарядов боеприпасов длительных сроков хранения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать методику прогнозирования температурных изменений воздуха для всей территории Украины.
2. Спрогнозировать изменения интенсивности истощения пороховых зарядов под влиянием изменений температуры окружающей среды.
3. Изучить влияние суточных, месячных и сезонных температурных колебаний на интенсивность истощения пороховых зарядов.

4. Анализ литературных данных

На сегодняшний день имеется масса научных работ [1–5], в которых исследуются физико-химические изменения порохов в целом, и в процессе их старении в частности. К ним относятся и работы, связанные с определением влияния температуры окружающей среды на такие процессы.

В последних из таких работ по определению модели изменения температуры окружающей среды для территории Украины [6, 7] были использованы данные СНиП 2.01.01-82 [8], которые обобщали данные соответствующих наблюдений за период с 1914 по 1960 г.г. Но, несмотря на то, что работа была опубликована в 2006 году, — соответствующие данные температур, ни СНиП 23-01-99 [9], ни фактических температур за последние (на момент написания работы) десятилетия (с 1960 по 2006 г.г.) учтены не были.

В настоящее же время эффект «глобального потепления» [10], а также ряд других факторов, которые имели и имеют место быть, существенно влияли и влияют на изменения климата на земле в целом и, соответственно, средних температурных показаний на терри-

тории Украины, в частности. Таким образом, данные, представленные в работах [6, 7] устарели и нуждаются в корректировке.

В то же время отсутствие в этих и других научных работах исследований, связанных с влиянием сезонных и суточных изменений температуры окружающей среды на интенсивность истощения пороховых зарядов, представляет собой «широкое поле» для последующей научно-исследовательской деятельности, являясь в то же время логичным продолжением ряда других научных работ и исследований [11–15].

5. Материалы и методы исследования

5.1. Материалы исследования. Учитывая тот факт, что на замену СНиП 2.01.01-82 в Украине принят соответствующий стандарт ДСТУ-Н Б В.1.1.-27:2010 [16], а также с целью проведения сравнительного анализа данных этих стандартов, в данной работе, как и в работах [6, 7], были выбраны четыре наиболее характерные для Севера, Юга, Запада и Северо-востока страны города, а именно: Чернигов, Одесса, Львов, и Харьков соответственно.

В работе рассмотрены 4-ре временных периода:

- 1-й период — начальный: до 1960 г.;
- 2-й период — сорокалетка: с 1961 до 2000 г.;
- 3-й период — десятилетка: с 2001 до 2010 г.;
- 4-й период — пятилетка: с 2011 до 2015 г. включительно.

Обобщение соответственных температурных данных среднемесячной температуры воздуха ($t_{\text{срмес}}$) и проведение ряда расчетов по каждому из указанных выше городов проведено отдельно для каждого из анализируемых периодов на основе данных следующих источников:

- данные СНиП 2.01.01-82 [8] — для 1-го периода;
- данные СНиП 23-01-99 [9] — для 2-го периода;
- данные ДСТУ-Н Б В.1.1.-27:2010 [16] — для 3-го периода;
- данные архивов температур [17, 18] — для 4-го периода.

Предложенная в работе методика не ставит своей целью создание точной модели изменения температуры окружающей среды, а лишь показывает возможность прогнозирования тенденции ее изменений. В связи с существованием ряда факторов (погрешность приборов, которыми проводились измерения температур, достоверность источников архивных данных температур и др.), влияние которых на данное исследование рассчитать практически невозможно, — погрешность в расчетах не учитывается. С целью упрощения данной методики временные показатели условно округлены в соответствии с принятыми периодами. 2016-й год в 4-й период не включен по причине того, что на момент написания работы он является не завершенным, а его температурные данные являются не полными, что в свою очередь может негативно отразиться на результатах всей работы.

5.2. Методика анализа и прогнозирования изменений температуры окружающей среды. Получение из указанных выше источников [8, 9, 16] данных среднемесячных температур воздуха ($t_{\text{срмес1}}$), ($t_{\text{срмес2}}$) и ($t_{\text{срмес3}}$) для 1-го, 2-го и 3-го периодов соответственно.

Расчет по формуле (1) коэффициента изменения температуры между 1-ым и 2-ым периодами (k_1), как

отношение среднемесячной температуры воздуха 2-го периода ($t_{\text{срмес}2}$) к соответственной среднемесячной температуре воздуха 1-го периода ($t_{\text{срмес}1}$):

$$k_1 = \frac{t_{\text{срмес}2}}{t_{\text{срмес}1}}. \quad (1)$$

Расчет по формуле (2) коэффициента изменения температуры между 2-ым и 3-им периодами (k_2), как отношение среднемесячной температуры воздуха 3-го периода ($t_{\text{срмес}3}$) к соответственной среднемесячной температуре воздуха 2-го периода ($t_{\text{срмес}2}$):

$$k_2 = \frac{t_{\text{срмес}3}}{t_{\text{срмес}2}}. \quad (2)$$

Учитывая интенсивность потепления и длительность 3-го и 4-го периодов в 10 и 5 лет соответственно, проводим расчет коэффициента прогнозируемого изменения температуры ($k_{\text{прогн}}$) по формуле (3):

$$k_{\text{прогн}} = k_2 \frac{\left(10 + \frac{10-5}{2}\right)}{10}. \quad (3)$$

Оценка по формуле (4) прогнозируемой среднемесячной температуры воздуха ($t_{\text{прогн}}$), как произведение среднемесячной температуры воздуха 3-го периода ($t_{\text{срмес}3}$) и соответствующего коэффициента прогнозируемого изменения температуры ($k_{\text{прогн}}$):

$$t_{\text{прогн}} = t_{\text{срмес}3} k_{\text{прогн}}. \quad (4)$$

Получение из указанных выше источников [17, 18] данных минимальной ($t_{\text{минсут}}$) и максимальной ($t_{\text{макссут}}$) суточных температур воздуха для каждого из дней 4-го периода соответственно.

Определение по формуле (5) среднесуточной температуры воздуха ($t_{\text{срсут}}$) по имеющимся минимальной ($t_{\text{минсут}}$) и максимальной ($t_{\text{макссут}}$) суточным температурам:

$$t_{\text{срсут}} = \frac{(t_{\text{минсут}} + t_{\text{макссут}})}{2}. \quad (5)$$

Определение по формуле (6) среднемесячной температуры воздуха ($t_{\text{срмес}4}$) как отношение суммы соответственных среднесуточных температур воздуха ($t_{\text{срсут}}$) к количеству суток (N) в этом месяце:

$$t_{\text{срмес}4} = \frac{(t_{\text{срсут}1} + t_{\text{срсут}2} + \dots + t_{\text{срсут}N})}{N}. \quad (6)$$

По формуле (7) определение среднегодовой температуры воздуха ($t_{\text{сргод}}$) как отношение суммы среднемесячных температур воздуха ($t_{\text{срмес}}$) всех 12-ти месяцев к их количеству:

$$t_{\text{сргод}} = \frac{\sum t_{\text{срмес}}}{12}. \quad (7)$$

Определение по формуле (8) среднемесячной температуры ($t_{\text{ср}}$) для всей территории Украины как отношение суммы соответственных среднемесячных температур

воздуха ($t_{\text{срмес}}$) каждого из рассмотренных ее регионов к их количеству для каждого из взятых периодов:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum t_{\text{срмес}}}{4}. \quad (8)$$

Определение для каждого из взятых периодов прогнозируемой среднемесячной температуры воздуха ($t_{\text{прогн}}$) для всей территории Украины аналогично предыдущему расчету (8), как отношение суммы соответственных температурных показателей каждого из рассмотренных регионов к их количеству.

Определение среднегодовых температурных показателей для всей территории Украины аналогично предыдущему расчету (7), как отношение суммы соответственных среднемесячных показателей всех 12-ти месяцев к их количеству.

Определение по формуле (9) соответственной разности температур ($t_{\text{разн}}$) между прогнозируемыми ($t_{\text{прогн}}$) и реальными значениями средних ($t_{\text{ср}}$) месячных и годовых температур:

$$t_{\text{разн}} = t_{\text{прогн}} - t_{\text{ср}}. \quad (9)$$

Определение по формуле (10) погрешности между фактической среднемесячной (среднегодовой) температурой воздуха ($t_{\text{ср}}$) и соответственной спрогнозированной температурой воздуха ($t_{\text{прогн}}$):

$$100\% - \frac{t_{\text{ср}}}{t_{\text{прогн}}} 100\%. \quad (10)$$

Научное объяснение полученных результатов и формирование выводов по предложенной модели прогнозирования изменений температуры окружающей среды.

5.3. Методика анализа и прогнозирования изменений интенсивности истощения пороховых зарядов. С целью оценки влияния температуры на интенсивность массопереноса, полученные температурные данные для территориальных условий Украины обобщены по методике [6, 7] в виде функции циклического годового изменения температуры от времени в виде:

$$T(t) = 273 + \left(t_{\text{сргод}} + 16 \cdot \cos \left(3,14 + 2 \cdot 3,14 \frac{n}{365} \right) \right), \quad (11)$$

где n — количество дней.

Оценка влияния годового изменения температуры (11) на интенсивность массопереноса имеет вид:

$$D(t) = \left[\frac{273 + \left(t_{\text{сргод}} + 16 \cdot \cos \left(3,14 + 2 \cdot 3,14 \frac{n}{365} \right) \right)}{273} \right]^{1,9}. \quad (12)$$

5.4. Влияние суточного, месячного и сезонного изменений температуры воздуха на интенсивность истощения пороховых зарядов. Выявление для 4-го периода из источников [17, 18] суток с самой большой разницей (Δ) между максимальной ($t_{\text{макссут}}$) и минимальной ($t_{\text{минсут}}$) суточными температурами. Подстановка этих данных в формулу (12) и расчет коэффициентов ($D(t_{\text{макссут}})$) и ($D(t_{\text{минсут}})$) соответственно.

Расчет изменения коэффициента молекулярной диффузии ($\Delta_{\text{сут}}(t)$) как разность коэффициентов ($D(t_{\text{max}_{\text{сут}}})$) и ($D(t_{\text{min}_{\text{сут}}})$) по формуле:

$$\Delta_{\text{сут}}(t) = D(t_{\text{max}_{\text{сут}}}) - D(t_{\text{min}_{\text{сут}}}). \quad (13)$$

Расчет погрешности, к которой приводит не учтывание суточного перепада температуры, выполняется аналогично формуле (10).

Аналогично выполняется расчет влияния месячных и сезонных температурных амплитуд на интенсивность массопереноса с той лишь разницей, что для расчетов взяты не абсолютные, а средние значения максимальной и минимальной температур за месяц и сезон соответственно.

6. Результаты исследований

6.1. Прогнозирование изменения температуры окружающей среды. Согласно предложенной выше методике получены среднемесячные температуры 1-го ($t_{\text{срмес1}}$), 2-го ($t_{\text{срмес2}}$) и 3-го ($t_{\text{срмес3}}$) периодов. Данные занесены в табл. 1.

Расчет коэффициентов изменения температуры (k_1), (k_2) и ($k_{\text{прогн}}$) выполнен по формулам (1)–(3) соответственно. Данные занесены в табл. 2.

Расчет прогнозируемой среднемесячной температуры воздуха ($t_{\text{прогн}}$) выполнен по формуле (4). Данные занесены в табл. 1.

Из источников [12, 13] получены данные минимальной ($t_{\text{min}_{\text{сут}}}$) и максимальной ($t_{\text{max}_{\text{сут}}}$) суточных температур воздуха для каждого из дней 4-го периода соответственно. Расчет среднесуточной температуры воздуха ($t_{\text{срсут}}$) выполнен по формуле (5). Учитывая большой объем данных, таблица с этими показателями в работе не приводится.

Расчет среднемесячной температуры воздуха 4-го периода ($t_{\text{срмес4}}$) выполнен по формуле (6). Данные занесены в табл. 1.

Расчет среднегодовой температуры воздуха ($t_{\text{сргод}}$) по формуле (7). Данные занесены в табл. 1.

На основе полученных результатов (табл. 1), построены зависимости изменения среднемесячных температур для выбранных регионов Украины (рис. 1).

Расчет среднемесячной температуры ($t_{\text{ср}}$) и прогнозируемой среднемесячной температуры воздуха ($t_{\text{прогн}}$) для всей территории Украины выполнен по формуле (8). Данные занесены в табл. 3.

Таблица 1

Среднемесячные и среднегодовые температурные показатели

Периоды	Среднемесячные показатели												Среднегодовой показатель
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Харьков													
1 период, $t_{\text{срмес1}}$	-7,3	-6,9	-1,7	7,7	15,1	18,6	20,8	19,7	14,0	7,1	0,3	-4,8	6,88
2 период, $t_{\text{срмес2}}$	-7,0	-5,7	-0,3	8,9	15,6	19,0	20,4	19,5	14,1	7,3	1,3	-3,3	7,48
3 период, $t_{\text{срмес2}}$	-5,9	-5,1	-0,1	9,0	15,5	18,9	20,7	19,7	14,1	7,5	1,0	-3,7	7,63
Прогноз, $t_{\text{прогн}}$	-6,22	-5,70	-0,04	11,38	19,25	23,50	26,26	24,88	17,63	9,63	0,96	-5,19	9,69
4 период, $t_{\text{срмес4}}$	-5,18	-5,48	1,53	10,36	18,28	20,80	24,31	21,22	15,61	7,84	2,74	-1,61	9,20
Чернигов													
1 период, $t_{\text{срмес1}}$	-6,7	-6,2	-1,4	6,8	14,4	17,5	19,4	18,2	13,2	6,8	0,6	-4,2	-6,7
2 период, $t_{\text{срмес2}}$	-7,1	-5,6	-0,6	7,8	14,5	17,6	18,7	17,7	12,8	6,8	1,2	-3,3	-7,1
3 период, $t_{\text{срмес2}}$	-5,9	-4,9	-0,1	8,0	14,4	17,6	19,2	18,1	12,9	6,9	1,4	-3,5	-5,9
Прогноз, $t_{\text{прогн}}$	-6,13	-5,36	-0,02	10,26	17,88	22,00	24,64	23,14	16,25	8,75	2,04	-4,64	-6,13
4 период, $t_{\text{срмес4}}$	-4,32	-3,99	1,80	9,35	16,36	19,11	21,69	19,87	14,20	7,07	3,27	-0,17	-4,32
Одесса													
1 период, $t_{\text{срмес1}}$	-2,5	-2,0	2,0	8,2	15,0	19,4	22,2	21,4	16,9	11,4	5,3	0,2	-2,5
2 период, $t_{\text{срмес2}}$	-1,7	-1	2,6	9	15,5	19,4	21,4	21,2	17,1	11,1	5,9	1,4	-1,7
3 период, $t_{\text{срмес2}}$	-1,3	-0,6	2,9	9,2	15,3	19,6	22,0	21,6	17,0	11,3	5,8	1,1	-1,3
Прогноз, $t_{\text{прогн}}$	-1,24	-0,45	4,04	11,76	18,88	24,75	28,27	27,51	21,13	14,38	7,13	1,08	-1,24
4 период, $t_{\text{срмес4}}$	-0,11	-0,51	4,92	10,62	17,59	22,31	24,98	25,12	19,36	11,24	6,56	1,93	-0,11
Львов													
1 период, $t_{\text{срмес1}}$	-5,0	-4,2	0,3	6,7	12,7	15,2	17,4	16,5	13,0	7,7	2,4	-2,6	-5,0
2 период, $t_{\text{срмес2}}$	-4,6	-3,1	1,1	7,7	13,2	16,1	17,3	16,8	13	8	2,5	-2,1	-4,6
3 период, $t_{\text{срмес2}}$	-4,0	-2,7	1,4	7,9	13,4	16,3	17,7	17,2	13,0	8,0	2,5	-2,2	-4,0
Прогноз, $t_{\text{прогн}}$	-4,35	-2,94	2,23	10,13	17,00	20,63	22,64	22,01	16,25	10,00	3,13	-2,88	-4,35
4 период, $t_{\text{срмес4}}$	-1,93	-2,51	3,09	9,37	15,12	18,57	20,50	19,90	14,29	8,80	4,49	0,22	-1,93

Таблица 2

Коэффициенты изменения температуры

Наименование коэффициентов	Среднемесячные показатели												Среднегодовой показатель
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Харьков													
Коэффициент 1, k_1	0,96	0,83	0,18	1,16	1,03	1,02	0,98	0,99	1,01	1,03	4,33	0,69	1,09
Коэффициент 2, k_2	0,84	0,89	0,33	1,01	0,99	0,99	1,01	1,01	1,00	1,03	0,77	1,12	1,02
Прогнозируемый коэффициент, $k_{\text{прогн}}$	1,05	1,12	0,42	1,26	1,24	1,24	1,27	1,26	1,25	1,28	0,96	1,40	1,28
Чернигов													
Коэффициент 1, k_1	1,06	0,90	0,43	1,15	1,01	1,01	0,96	0,97	0,97	1,00	2,00	0,79	1,06
Коэффициент 2, k_2	0,83	0,88	0,17	1,03	0,99	1,00	1,03	1,02	1,01	1,01	1,17	1,06	0,83
Прогнозируемый коэффициент, $k_{\text{прогн}}$	1,04	1,09	0,21	1,28	1,24	1,25	1,28	1,28	1,26	1,27	1,46	1,33	1,04
Одесса													
Коэффициент 1, k_1	0,68	0,50	1,30	1,10	1,03	1,00	0,96	0,99	1,01	0,97	1,11	7,00	0,68
Коэффициент 2, k_2	0,76	0,60	1,12	1,02	0,99	1,01	1,03	1,02	0,99	1,02	0,98	0,79	0,76
Прогнозируемый коэффициент, $k_{\text{прогн}}$	0,96	0,75	1,39	1,28	1,23	1,26	1,29	1,27	1,24	1,27	1,23	0,98	0,96
Львов													
Коэффициент 1, k_1	0,92	0,74	3,67	1,15	1,04	1,06	0,99	1,02	1,00	1,04	1,04	0,81	0,92
Коэффициент 2, k_2	0,87	0,87	1,27	1,03	1,02	1,01	1,02	1,02	1,00	1,00	1,00	1,05	0,87
Прогнозируемый коэффициент, $k_{\text{прогн}}$	1,09	1,09	1,59	1,28	1,27	1,27	1,28	1,28	1,25	1,25	1,25	1,31	1,09

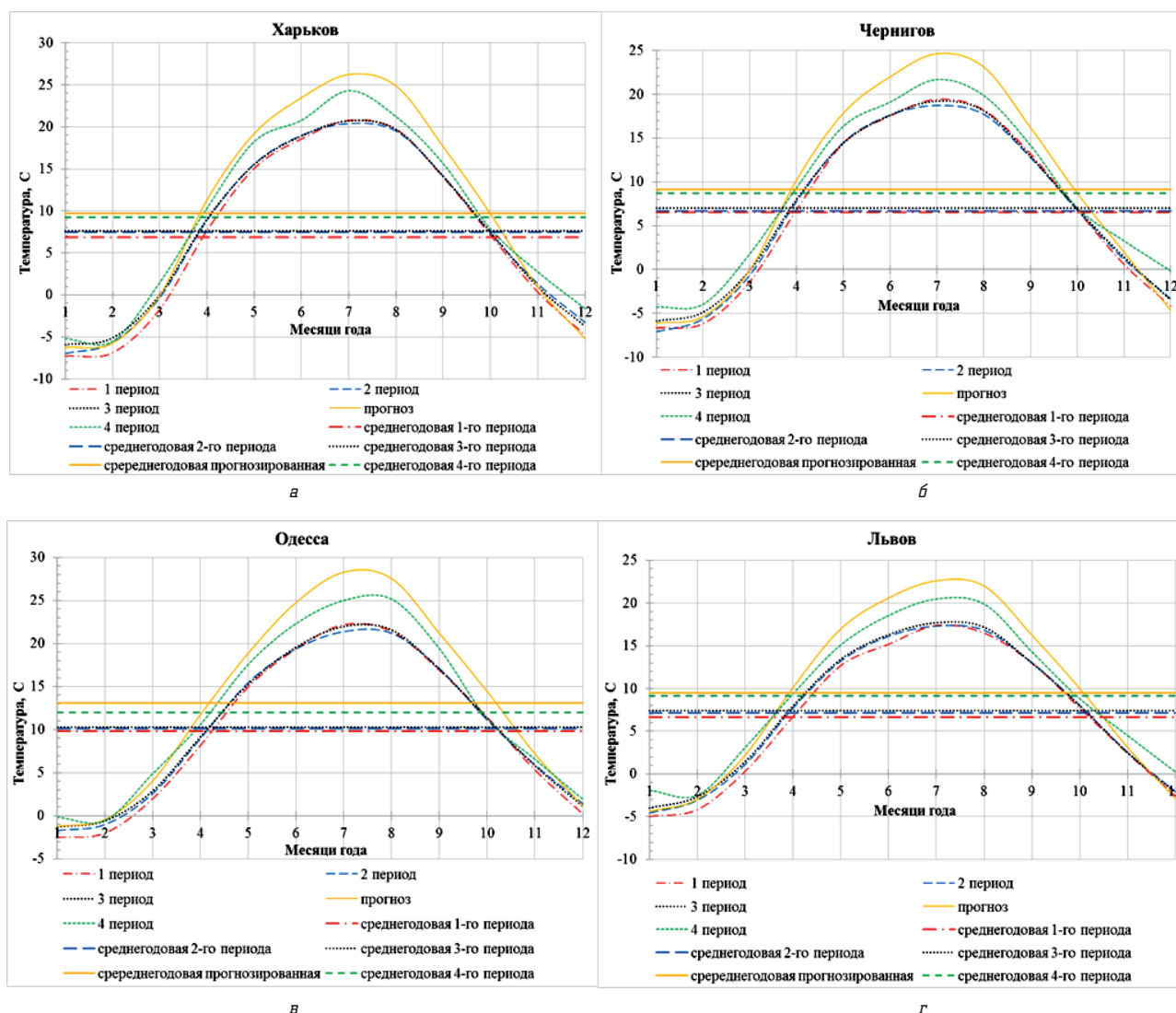


Рис. 1. Годовые изменения среднемесячных температур: а — для Харькова; б — для Чернигова; в — для Одессы; г — для Львова

Таблица 3

Температурные показатели для Украины

Периоды	Среднемесячные показатели												Среднегодовой показатель
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1 период, $t_{\text{срмес1}}$	-5,38	-4,83	-0,20	7,35	14,30	17,68	19,95	18,95	14,28	8,25	2,15	-2,85	7,47
2 период, $t_{\text{срмес2}}$	-5,10	-3,85	0,70	8,35	14,70	18,03	19,45	18,80	14,25	8,30	2,73	-1,83	7,88
3 период, $t_{\text{срмес3}}$	-4,28	-3,33	1,03	8,53	14,65	18,10	19,90	19,15	14,25	8,43	2,68	-2,08	8,09
Прогноз, $t_{\text{прогн}}$	-4,48	-3,61	1,55	10,88	18,25	22,72	25,45	24,38	17,81	10,69	3,31	-2,91	10,34
4 период, $t_{\text{срмес4}}$	-2,89	-3,12	2,84	9,92	16,84	20,20	22,87	21,53	15,86	8,74	4,27	0,09	9,76
Разность температур, $t_{\text{разн}}$	-1,60	-0,49	-1,28	0,96	1,42	2,52	2,58	2,86	1,95	1,95	-0,95	-3,00	0,58
Погрешность, %	36	14	83	9	8	11	10	12	11	18	29	103	5,6

Расчет среднегодовых температурных показателей выполнен по формуле (7). Данные занесены в табл. 3.

На основе полученных результатов (табл. 3) построены зависимости изменения среднемесячных температур для Украины (рис. 2).

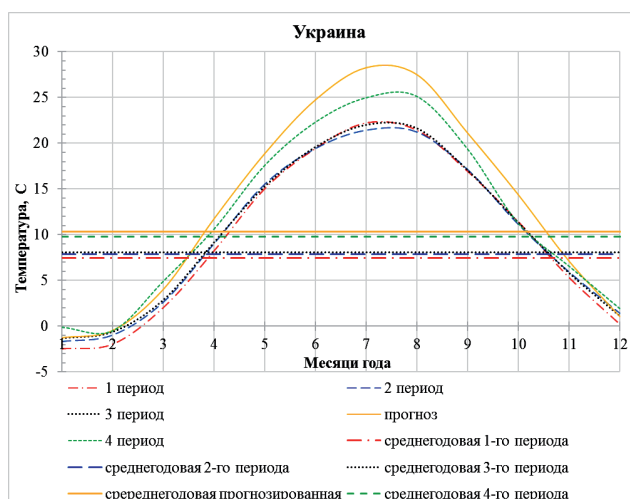
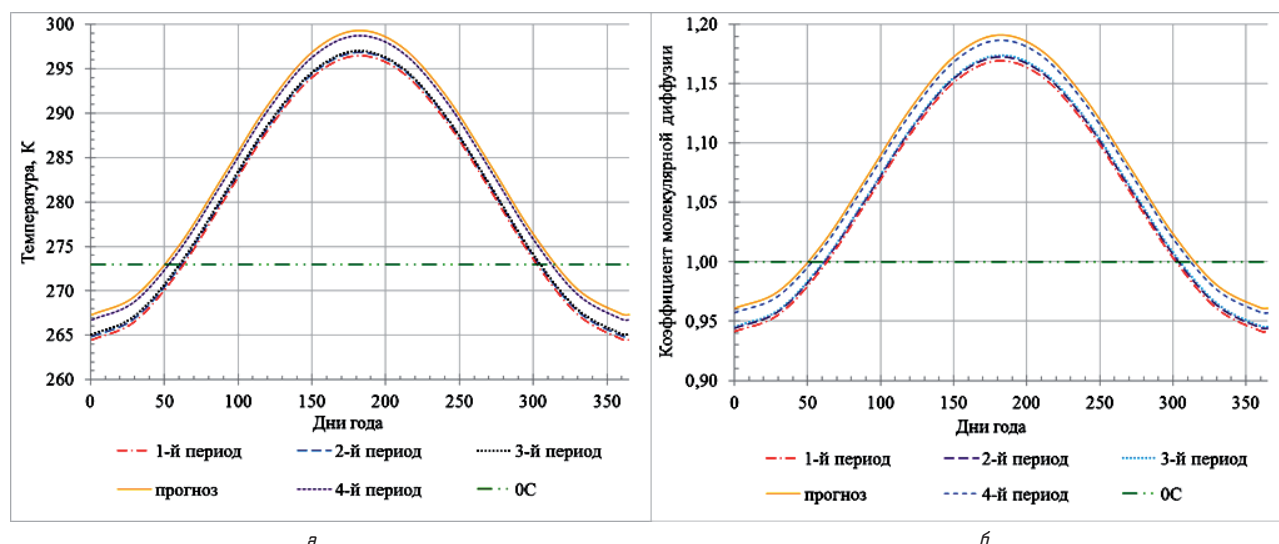


Рис. 2. Годовые изменения среднемесячных температур для Украины

Расчет соответственной разности ($t_{\text{разн}}$) между прогнозируемыми ($t_{\text{прогн}}$) и реальными значениями средних ($t_{\text{ср}}$) месячных и годовых температур выполнен по формуле (9). Данные занесены в табл. 3.

Рис. 3. График функций: а — $T(t)$; б — $D(t)$

Расчет погрешности спрогнозированной среднегодовой температуры воздуха выполнен по формуле (10). Знак «минус» не учитывался. Данные занесены в табл. 3.

Полученные результаты месячных прогнозов имеют разность температур от 0,49 °C до 3,0 °C, а процент погрешности — от 7,8 % до 103 %. Это объясняется очень большим количеством факторов, которые влияют на реальные температурные показатели. Их расчет сильно затруднен, или вообще невозможен. Исходя из этого, научная задача по применению предложенной методики для прогнозирования изменений среднемесячных температур воздуха в этой работе и не ставилась.

В то же время разность температур и погрешность в среднегодовом показателе температуры при данной методике прогнозирования составили 0,58 °C и 5,6 % соответственно. Эти показатели в 2,9 и в 3,7 раза соответственно ближе к реальным, чем последние официальные данные [16], показатели которых составляют 1,67 °C и 20,6 % соответственно. Это подтверждает возможность использования этой методики при прогнозировании изменений средней годовой температуры как отдельных регионов Украины, так и для всей ее территории в целом.

6.2. Анализ и прогнозирование массопереноса. Построение графиков функций $T(t)$ по формуле (11) и $D(t)$ по формуле (12) выполнялось соответственно методике [6, 7] для каждого из рассмотренных периодов. Графики функций приведены на рис. 3.

Визуализация графика $D(t)$ (рис. 3, б) подтверждается расчетом соответственных погрешностей аналогично формулы (10). Так, погрешность между коэффициентами молекулярной диффузии 3-го (0,946) и 4-го (0,957) периодов составила 1,2 %. Этот результат в три раза хуже, чем погрешность между прогнозом (0,961) и 4-м периодом (0,957) с показателем погрешности 0,4 %.

Таким образом, не только установлена погрешность при использовании табличных температурных данных сроком давности более 5 лет, но и еще раз доказана действенность предложенной методики прогнозирования.

6.3. Расчет и анализ влияния суточного, месячного и сезонного изменений температуры воздуха на интенсивность массопереноса, как основного фактора истощения порохового заряда. С максимальной суточной амплитудой колебания температуры (14,5 °С) в 4-ом периоде являются 132-е сутки. Для них температура ($t_{\max_{\text{сут}}}$) и ($t_{\min_{\text{сут}}}$) составляет 26,3 °С и 11,8 °С соответственно.

Расчет коэффициентов ($D(t_{\max_{\text{сут}}})$) и ($D(t_{\min_{\text{сут}}})$) выполнен по формуле (12) с результатом 1,27 и 1,16 соответственно. Расчет изменения коэффициента молекулярной диффузии ($\Delta_{\text{сут}}(t)$) выполнен по формуле (13) с результатом 0,11. Расчет погрешности, к которой приводит не учитывание суточного перепада температуры, выполнен аналогично формулы (10) с результатом 9,6 %.

С максимальной месячной амплитудой колебания температуры (10,9 °С) в 4-ом периоде является 5-й месяц. Для него температура ($t_{\max_{\text{мес}}}$) и ($t_{\min_{\text{мес}}}$) составляет 22,9 °С и 12,0 °С соответственно.

Расчет коэффициентов ($D(t_{\max_{\text{сут}}})$) и ($D(t_{\min_{\text{сут}}})$) выполнен по формуле (12) с результатом 1,06 и 0,98 соответственно. Расчет изменения коэффициента молекулярной диффузии ($\Delta_{\text{сут}}(t)$) выполнен по формуле (13) с результатом 0,08. Расчет погрешности, к которой приводит не учитывание месячного перепада температуры, выполнен аналогично формулы (10) с результатом 8 %.

С максимальной сезонной амплитудой колебания температуры (10,4 °С) в 4-ом периоде является летний сезон с 6-го по 8-ой месяц включительно. Для него температура ($t_{\max_{\text{мес}}}$) и ($t_{\min_{\text{мес}}}$) составляет 26,4 °С и 16 °С соответственно.

Расчет коэффициентов ($D(t_{\max_{\text{сут}}})$) и ($D(t_{\min_{\text{сут}}})$) выполнялся по формуле (12) с результатом 1,11 и 1,19 соответственно. Расчет изменения коэффициента молекулярной диффузии ($\Delta_{\text{сут}}(t)$) выполнялся по формуле (13) с результатом 0,08. Расчет погрешности, к которой приводит не учитывание сезонного перепада температуры, выполнен аналогично формулы (10) с результатом 8,1 %.

Анализ результатов показывает, что погрешность составляет от 8 % до 9,6 % в зависимости от временного интервала: сутки, месяц, сезон.

7. SWOT-анализ результатов исследования

Преимущества исследования:

- подтверждена возможность прогнозирования изменений температуры воздуха и, соответственно, коэффициента молекулярной диффузии;
- установлено, что спрогнозированный по предложенной методике коэффициент молекулярной диффузии в три раза точнее рассчитанного на основании действующих температурных таблиц 5-ти летней давности;

- рассчитана средняя погрешность для определения коэффициента молекулярной диффузии, обусловленной суточными, месячными и сезонными колебаниями температуры воздуха.

Недостатки исследования:

- большая погрешность (более 100 %) предложенного метода прогнозирования изменений температуры воздуха при определении суточных и месячных температур;
- отсутствие в открытом и бесплатном доступе современных программ для проведения автоматических расчетов, прогнозирования и анализа влияния температуры окружающей среды на интенсивность истощения пороховых зарядов.

Перспективы исследования:

- применение предложенной методики прогнозирования изменения температуры воздуха для других стран и регионов;
- использование предложенной методики в любых научных работах, связанных с долговременным хранением чего-либо;
- проведение исследований по влиянию показателей влажности и атмосферного давления на гарантийные сроки хранения боеприпасов;
- расчет и разработка новой системы гарантийных сроков хранения боеприпасов;
- продолжение ряда исследований, связанных с использованием боеприпасов длительных сроков хранения в целом и 9 мм пистолетных патронов в частности.

Внешние угрозы исследования:

- использование температурных таблиц, рассчитанных пять и более лет назад, приводит к погрешности в более чем 20 % по сравнению с реальными средними температурными показателями;
- методика прогнозирования оправдывает себя на относительно небольших временных показателях: в 5–10 лет.
- негативное влияние использования боеприпасов длительного срока хранения на состояние канала ствола, работу частей и механизмов соответственного вооружения;
- завышение гарантийных сроков хранения боеприпасов в связи с пренебрежением приведенных в работе погрешностей.

8. Выводы

1. Разработана методика прогнозирования температурных изменений воздуха для всей территории Украины. Методика внедрена при прогнозировании массопереноса элементов пороховых зарядов.

Действенность методики подтверждена сравнительным анализом спрогнозированных температурных данных и их реальных значений. Разность температур и погрешность прогноза среднегодовой температуры составили 0,58 °С и 5,6 % соответственно. На основе этой методики спрогнозирован коэффициент молекулярной диффузии. Погрешность при этом оказалась в 3 раза меньше, чем при использовании последних температурных табличных значений и составила 0,4 % против 1,2 % соответственно.

2. Спрогнозированы изменения интенсивности истощения пороховых зарядов под влиянием изменений

температуры окружающей среды. Следствием этого стало увеличение общей (с определенной в работах [6, 7]) погрешности с 6,2 % до 6,6 %.

3. Исследовано влияние суточных, месячных и сезонных температурных колебаний на интенсивность истощения пороховых зарядов. Такие колебания привели к погрешности расчета полного истощения азота в 9,6 %, 8 % и 8,1 % соответственно. Таким образом, общая погрешность увеличилась еще на 8,6 % (как средний показатель среди вышеперечисленных) и составила 15,2 %.

Такая погрешность при прогнозировании гарантийного срока хранения боеприпасов в 30 лет дает расхождение по времени в 4,6 года. Следовательно, полное удаление азота из пороховых элементов фактически произойдет не за 30 лет, а за 25,4 года.

А учитывая упомянутый в начале работы эффект «глобального потепления» [10], в дальнейшем этот срок будет только уменьшаться.

Литература

1. Буллер, М. Ф. Методы испытания утилизируемых порохов [Текст] / М. Ф. Буллер, Г. В. Межевич. — Киев: ООО «ДИА», 2005. — 188 с.
2. Espinoza, E. O. Characterization of smokeless gunpowder by means of diphenylamine stabilizer and its nitrated derivatives [Text] / E. O. Espinoza, J. I. Thornton // *Analytica Chimica Acta*. — 1994. — Vol. 288, № 1–2. — P. 57–69. doi:10.1016/0003-2670(94)85116-6
3. Frys, O. Analyses of New Nontoxic Stabilizers and Other Components in Smokeless Powders [Text] / O. Frys, P. Bajerova, A. Eisner, K. Ventura, J. Skladal // *Central European Journal of Energetic Materials*. — 2010. — Vol. 7, № 3. — P. 253–267.
4. Petrzilek, J. Relations Between Chemical Composition and Stability of Smokeless Powders [Text]: Ph.D. Thesis / J. Petrzilek. — University of Pardubice, 2000. — P. 37–38.
5. Горст, А. Г. Пороха и взрывчатые вещества [Текст] / А. Г. Горст. — М.: Машиностроение, 1972. — 208 с.
6. Анипко, О. Б. Внутренняя баллистика ствольных систем при применении боеприпасов длительных сроков хранения [Текст]: монография / О. Б. Анипко, Ю. М. Бусяк. — Х.: Академия внутренних войск Украины, Министерство Внутренних Дел Украины, 2010. — 128 с.
7. Анипко, О. Б. Модель массопереноса при хранении пороховых зарядов с учетом изменения температуры окружающей среды [Текст] / О. Б. Анипко, И. Ю. Бирюков, Д. С. Баулин // *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. — 2006. — № 2 (8). — С. 50–54.
8. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика [Электронный ресурс] // Инженерно-технический центр «Спецтехнологии». — Режим доступа: \www/URL: http://specteh.dn.ua/images/stories/normativnye_dokumenty/snip_2.01.01-82_stroitelnye_normy_i_pravila.pdf
9. СНиП 23-01-99. Строительная климатология [Электронный ресурс] // EIFS (Exterior Insulation and Finishing Systems). — Режим доступа: \www/URL: http://www.eifs.ru/download/snip_23-01-99_klimat.pdf
10. Global warming [Electronic resource] // Wikipedia. — Available at: \www/URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming
11. Бирюков, А. И. Постановка задачи и экспериментального исследования износа ствола 9 мм пистолета Макарова при стрельбе патронами длительных сроков хранения [Текст] / А. И. Бирюков, И. Ю. Бирюков // *Системы озброєння і військової техніки*. — 2014. — № 3 (39). — С. 12–17.
12. Анипко, О. Б. Влияние длительности хранения боеприпасов на баллистические характеристики стрелкового оружия [Текст] / О. Б. Анипко, Д. С. Баулин, И. Ю. Бирюков // *Інтегровані технології та енергозбереження*. — 2007. — № 2. — С. 97–100.
13. Анипко, О. Б. Экспериментальное исследование износа ствола 5,45 мм автомата Калашникова АК-74 при стрельбе боеприпасами длительных сроков хранения [Текст] / О. Б. Анипко, А. О. Муленко, А. А. Демченко // *Інтегровані технології та енергозбереження*. — 2013. — № 2. — С. 121–126.
14. Бирюков, А. И. Особенности эксплуатации пистолетов со свободной отдачей затвора при использовании боеприпасов послегарантийных сроков хранения [Текст] / А. И. Бирюков // *Інтегровані технології та енергозбереження*. — 2013. — № 2. — С. 80–85.
15. Бірюков, О. І. Експериментальне дослідження ролі довжини ствола пістолета при використанні боеприпасів тривалого терміну зберігання [Текст] / О. І. Бірюков // *Технологічний аудит та резерви виробництва*. — 2016. — № 4/1 (30). — С. 9–21. doi:10.15587/2312-8372.2016.74846
16. ДСТУ-НБВ.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Текст]: Наказ МРРТБУ від 16.12.2010 № 511. — К.: Мінрегіонбуд, 2011. — 123 с.
17. Прогноз погоды в Украине [Электронный ресурс] // Метеопост. — Режим доступа: \www/URL: http://meteopost.com
18. WeatherArchive.ru — Прогноз и архив погоды [Электронный ресурс]. — Режим доступа: \www/URL: http://weatherarchive.ru

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗМІН ТЕМПЕРАТУР НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ВИСНАЖЕННЯ ПОРОХОВИХ ЗАРЯДІВ ПІД ЧАС ДОВГОСТРОКОВОГО ЗБЕРІГАННЯ БОЕПРИПАСІВ

Проведено порівняльний аналіз табличних і реальних (за останні 5 років) температур навколишнього середовища. Розроблена методика прогнозування зміни температури навколишнього середовища. Визначено ступінь впливу на інтенсивність виснаження порохових зарядів, під час довгострокового зберігання боеприпасів, як зміни температури навколишнього середовища в цілому, так і добових, місячних та сезонних її коливань зокрема.

Ключові слова: температура навколишнього середовища, виснаження порохових зарядів, боеприпаси довгострокового терміну зберігання.

Бирюков Алексей Игоревич, начальник службы вооружения технической части, Северное Киевское территориальное управление Национальной гвардии Украины, Киев, Украина, e-mail: aleksej_b29@rambler.ru.

Бирюков Игорь Юрьевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры вооружения и специальной техники, Национальная академия Национальной гвардии Украины, Харьков, Украина.

Бірюков Олексій Ігорович, начальник служби озброєння технічної частини, Північне Київське територіальне управління Національної гвардії України, Київ, Україна.

Бірюков Ігор Юрійович, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри озброєння і спеціальної техніки, Національна академія Національної гвардії України, Харків, Україна.

Biryukov Alexey, Northern Kyiv Territorial Department of the National Guard of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: aleksej_b29@rambler.ru. Biryukov Igor, The National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine