УДК 623.522

Торяник Д.О., Зюбан М.І., Соколовський В.В., канд. техн. наук; Кошкаров Ю.Ю., канд. техн. наук

РОЗРАХУНОК ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ БОЄПРИПАСІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕМПЕРАТУРНО-ЧАСОВОГО РЕЖИМУ ЗБЕРІГАННЯ В РІЗНИХ УМОВАХ

Вступ. При зберіганні боєприпасів, у більшому чи меншому ступені, на них неминуче будуть впливати об'єктивні (кліматична обстановка, біологічне середовище, сонячна радіація, властивості атмосфери, старіння) і суб'єктивні (залежні від дій обслуговуючого персоналу) фактори. У результаті спільного впливу суб'єктивних і об'єктивних факторів технічний стан боєприпасів чи поступово, чи стрибкоподібно буде змінюватися, і через якийсь час, у залежності від умов зберігання, значення показників, що визначають технічний стан боєприпасів, досягнуть граничного значення, якщо не почати завчасно спеціальних мір, що зменшують шкідливий вплив цих факторів.

Постановка проблеми. При зберіганні боєприпасів, у більшому чи меншому ступені, на них неминуче будуть впливати об'єктивні (кліматична обстановка, біологічне середовище, сонячна радіація, властивості атмосфери, старіння) і суб'єктивні (залежні від дій обслуговуючого персоналу) фактори. У результаті спільного впливу суб'єктивних і об'єктивних факторів технічний стан боєприпасів чи поступово, чи стрибкоподібно буде змінюватися, і через якийсь час, у залежності від умов зберігання, значення показників, що визначають технічний стан боєприпасів, досягнуть граничного значення, якщо не почати завчасно спеціальних мір, що зменшують шкідливий вплив цих факторів.

Метою статті є наведення практичних розрахунків щодо календарного терміну зберігання боєприпасів в різних температурно-часових режимах, встановлені закономірності зміни цього терміну, як непрямого показника їх технічного стану, в залежності від інтенсивності процесів старіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Періодична форма технічного обслуговування (ТО), яка застосовується при зберіганні боєприпасів, характеризується строго визначеною періодичністю їх проведення. При виконанні періодичного технічного обслуговування переслідується ціль – шляхом поглибленого огляду і контролю технічного стану боєприпаси переконатися в його справності, а також виявити та усунути наявні несправності і відхилення параметрів від їх номінальних значень на ранніх стадіях їх розвитку з тим, щоб попередити появу відмов при подальшому зберіганні.

Виклад основного матеріалу. Строки проведення періодичного ТО і їх зміст залежить від того в якому стані знаходяться боєприпаси. Як уже вище зазначалося, що у якості параметрів, що характеризують технічний стан боєприпасів, доцільно використовувати параметри, значення яких можна виміряти під час апаратурного контролю їх технічного стану. Але існує ряд об’єктів, до яких можна віднести і боєприпаси, виділення подібних параметрів або реалізація контролю яких ускладнена або не доцільна. В цьому випадку до числа параметрів, що побічно характеризують стан боєприпасів, слід віднести календарний термін його зберігання.

Таким чином, збережуваність виробу як одна з характеристик надійності є функцією умов збереження, а її граничне (максимальне) значення збігається з початком процесів найбільш інтенсивного старіння.

© Д.О. Торяник, 2019

Граничне (максимальне) значення терміну збережуваності $T_{зб\ гр}$ може бути визначене для цілком визначених (стандартних) умов збереження розрахунковим чи досвідченим шляхом.

Знаючи значення терміну збережуваності для стандартних умов зберігання, термін збережуваності будь-якого виробу для умов зберігання, що відрізняються від стандартних, можна визначити по формулі (1):

$$T_{зб\ i} = k_{зб} \cdot T_{зб\ гр}, \tag{1}$$

де $T_{зб\ i}$ – термін збережуваності виробу при стандартних умовах зберігання;
$k_{зб}$ – коефіцієнт збережуваності, що являє собою величину відносини швидкостей старіння при стандартних і розглянутих умовах зберігання (визначається з досвіду).

З метою порівняння терміну збережуваності боєприпасів для стандартних умов, які визначені керівними документами, з термінами збережуваності боєприпасів в реальних умовах, оперуючи даними температурно-часового режиму зберігання боєприпасів на відкритій площадці та у сховищі (цегляному) в помірно теплому кліматичному районі був проведений розрахунок еквівалентних температур для вищезазначених умов зберігання за формулою (2).

$$T_e = -\frac{E}{R}\left\{\ln\left[\frac{1}{\tau_0}\sum_{j=1}^{n}\Delta\tau_j \exp\left(-\frac{E}{RT_j}\right)\right]\right\}^{-1}, \tag{2}$$

де R – універсальна газова стала (R = 8,314 Дж / (К·моль));
τ_0 – середньостатистична кількість часу, ч;
$\Delta\tau_j$ – тривалість інтервалу температури з середньою температурою T_j;
n – кількість інтервалів температури зі середньою температурою T_j.

Коефіцієнт E прийнято рівним 104,5 кДж·моль$^{-1}$ як найбільш типове значення для піротехнічних засобів і засобів ініціювання.

Враховуючи те, що процеси старіння у порохових зарядах, які викликані термічною їх деструкцією під впливом температури, при температурі зовнішнього середовища, що дорівнює T = 273 К уповільнюються, є можливість по еквівалентній температурі порівняти ступінь зміни запасу стійкості ВР, а значить і терміну її збережуваності від жорсткості режимів зберігання.

Так, коефіцієнт збережуваності визначимо за формулою (3):

$$k_{зб} = (\alpha_i - \alpha_0) / \alpha_i = 1 - \alpha_0 / \alpha_i, \tag{3}$$

де $\alpha_0 = \exp(-E/RT_{bi})$ – інтенсивність (швидкість) теплового старіння при зберіганні у стандартних умовах;
$\alpha_0 = \exp(-E/RT_{bj})$ – інтенсивність (швидкість) теплового старіння при зберіганні у визначених умовах.

Таким чином, відношення $\exp(-E/RT_{bi})/\exp(-E/RT_{bj})$ буде характеризувати ступінь зміни швидкості теплового старіння за рахунок процесу, якому відповідає величина E = 104,5 кДж·моль$^{-1}$ при переході від умов зберігання при T = 273 К до умов зберігання, які характеризуються еквівалентною температурою T_{ej}. При проведенні розрахунків коефіцієнт теплопровідності латуні був прийнятим λ = 108,7 Вт/(м·К).

Результати розрахунків наведені на рисунку 1.

Отримані результати розрахунків свідчать, що жорсткість теплового режиму при зберіганні боєприпасів в різних умовах значно відрізняється. Зростання температурного режиму зберігання буде при зводити до інтенсифікації процесу старіння, результатом

впливу якого буде зниження термінів зберігання боєприпасів (рисунок 2).

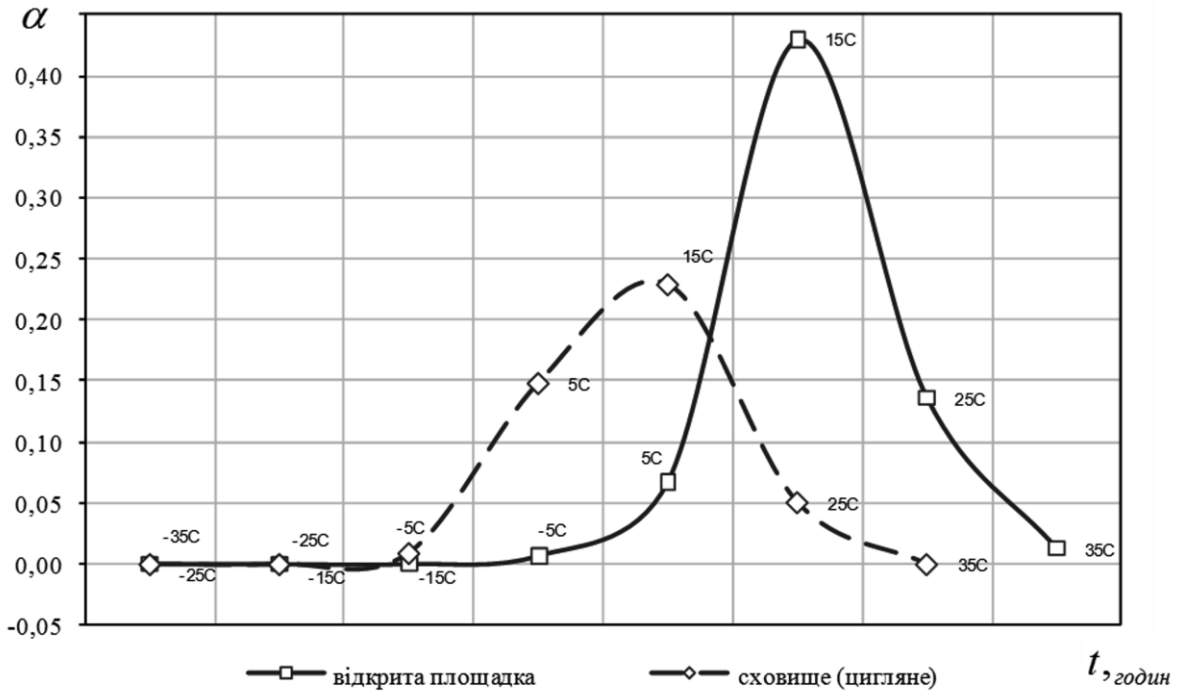

Рисунок 1. – Залежність інтенсивності процесу старіння порохових зарядів боєприпасів від терміну зберігання в певному температурно-часовому режимі для різних умов зберігання

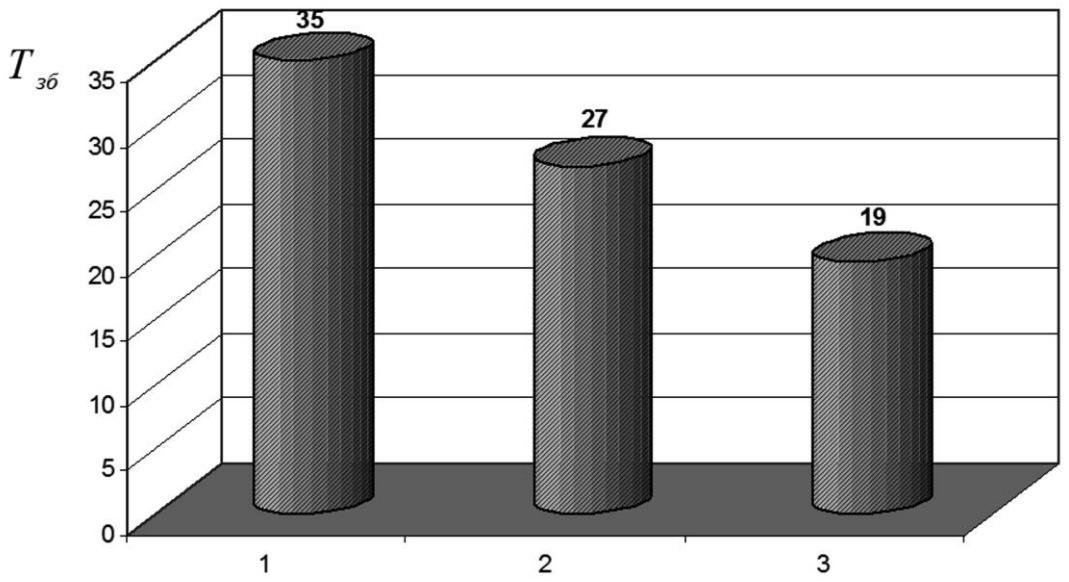

Рисунок 2. Значення термінів зберігання порохових зарядів (в герметичній укупочці) у залежності від умов зберігання:
1 – $T_{зб}$, призначений (в герметичній тарі); 2 – $T_{зб}$, розрахований при зберіганні зарядів у сховищі; 3 – $T_{зб}$, розрахований при зберіганні на відкритій площадці

Отримані дані щодо термінів зберігання боєприпасів на відкритих площадках практично співпадають з даними, які можна отримати з формули для розрахунку

умовного терміну збереження – для боєприпасів (комплектуючих елементів) в герметичній тарі:

$$T_{ум} = T_{сх} + 1{,}5T_{вп} + T_{бу}, \quad (4)$$

де $T_{сх}$ – термін зберігання в сховищі;
$T_{вп}$ – термін зберігання на відкритій площадці;
$T_{бу}$ – термін зберігання в бойовій укладці.

В той же час, як показали проведені дослідження, величина терміну зберігання у сховищах також будуть відрізнятися одна від одної, в залежності від температурно-часового режиму їх зберігання, який, в свою чергу, залежатиме від конструкційних особливостей кожного сховища.

Вищенаведений порядок розрахунку фактичних значень термінів зберігання боєприпасів, в залежності від отриманих розрахункових даних щодо ступеня зміни швидкості теплового старіння, дає можливість на кожному арсеналі, базі і складі побічно визначати технічний стан боєприпасів, збереження яких здійснюється в різних умовах і при різних температурно-часових режимах, а також використовувати дані таких розрахунків під час здійснення планування відбору зразків-боєприпасів і їх елементів для випробування в лабораторіях.

Висновок. Результати проведених теоретичних досліджень свідчать, що однією з основних властивостей, яка визначає терміни зберігання порохових зарядів зокрема і боєприпасів в цілому є їх стійкість (хімічна і фізична), величина якої забезпечує незмінність балістичних властивостей пороху.

В результаті проведення практичних розрахунків щодо календарного терміну зберігання боєприпасів в різних температурно-часових режимах, встановлені закономірності зміни цього терміну, як непрямого показника їх технічного стану, в залежності від інтенсивності процесів старіння. Отримані результати свідчать, що при зберіганні боєприпасів в умовах, які відрізняються від оптимальних, календарна тривалість їх зберігання істотно зменшується. А саме, при зберіганні боєприпасів на відкритій площадці календарна тривалість зменшується майже у два рази.

Також показано, що існуючий загальний підхід до визначення умовного терміну зберігання в не повній мірі відповідає дійсному його значенню при зберіганні боєприпасів у сховищах різної конструкції.

Таким чином, для того щоб забезпечити умови збереження, близькі до оптимальних, необхідні наступні умови:

– незмінна відносна вологість повітря нижче 70-60%;
– постійна позитивна температура повітря, близька до 0°С (2 - 4°С);
– нерухомість повітря (герметичність приміщень);
– відсутність прямих сонячних променів;
– відсутність цвілі.

Очевидно, що виконання перерахованих умов можливо тільки при організації збереження боєприпасів у спеціально обладнаних приміщеннях. Найбільш легше такі умови забезпечити у підземних сховищах.

Поряд з цим, при вирішенні даного питання слід враховувати не тільки конкретні кліматичні умови і характер навколишнього середовища, але й особливості конструкції конкретного виду боєприпасів і їх елементів.

Література: ***1****. Благонравов А.А. Действие выстрела на оружейные стволы / А.А. Благонравов. – Л.: Издание Артиллерийской академии РККА, 1933. – 51 с.* ***2****. Вертелецкий В.Ф. Прогнозирование изменения физико-химических свойств*

порохового заряда и начальной скорости 30 мм артиллерийских боеприпасов морской номенклатуры / В.Ф. Вертелецкий // Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: Национальный технический университет «ХПИ». – 2012. – №2. – С. 24–31. ***3.*** *Анипко О.Б. Преждевременные разрывы снарядов корабельной артиллерии и методы их предупреждения. Зарубежный опыт / О.Б. Анипко, П.Д. Гончаренко, В.Л. Хайков // Зб. накових праць Акад. ВМС ім. П.С. Нахімова. – Севастополь. – 2011. – Вип.4(8). – С. 6–16.* ***4.*** *Болотин Д.Н. История советского стрелкового оружия и патронов / Д.Н. Болотин. – СПб.: «Полигон», 1995.– 303 с.* ***5.*** *Баулін Д.С. Експлуатаційні характеристики стрілецького озброєння при використанні боєприпасів довготривалого зберігання / Д.С. Баулін, И.Ю. Бірюков // Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: Национальный технический университет «ХПИ». – 2008. – №2, С. 113–117.* ***6.*** *Соколовський В.В. Дослідження властивостей порохів, що визначають їх терміни зберігання / О.Є. Забула, О.І. Мельничук // Зб. наукових праць Акад. ВВ – Х.: – 2009. – с. 32-35.* ***7.*** *Анипко О.Б. Внутренняя баллистика ствольных систем при применении боеприпасов длительных сроков хранения / О.Б. Анипко, Ю.М. Бусяк. – Х.: Акад. внутрішніх військ МВС України, 2010. – 129 с.* ***8.*** *Кирилов В.М. Основания устройства и проектирования стрелкового оружия / В.М. Кирилов.– Пенза: ПВАИУ, 1963. – 343 с.* ***9.*** *Кувеко А.Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и ракетных двигателей твердого топлива / А.Е. Кувеко, Ф.П. Миропольский. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1987. – 312 с.* ***10.*** *Чурбанов Е.В. Внутренняя баллистика артиллерийского орудия / Е.В. Чурбанов. – М.: Военное издательство, 1973.– 103 с.* ***11.*** *Особливості характеристик внутрішньої балістики порохових зарядів боєприпасів, які знаходяться за межами гарантійних строків зберігання : [навч.-метод. посібн. для вищ. навч. закл.] / О.Б. Аніпко, І.Ю. Бірюков, Д.С. Баулін, В.І. Воробйов. – Х.: Акад. внутрішніх військ МВС України, 2008. – 40 с.* ***12.*** *Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. – Т.1: Методология. Организация. Терминология / Под ред. Рембезы А.И. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.*

Bibliography (transliterated): ***1.*** *Blagonravov, A.A. "Deystvie vyistrela na oruzheynyie stvolyi" [Action shot at weapon barrels] A.A. : Izdanie Artilleriyskoy akademii RKKA, 1933. – 51 p.* ***2.*** *Verteletskiy V.F. "Prognozirovanie izmeneniya fiziko-himicheskih svoystv porohovogo zaryada i nachalnoy skorosti 30 mm artilleriyskih boepripasov morskoy nomenklaturyi" [Prediction of changes in the physical and chemical properties of the powder charge and the initial speed of 30 mm artillery munitions of the naval nomenclature] IntegrovanI tehnologIYi ta energozberezhennya. H.: Natsionalnyiy tehnicheskiy universitet "HPI". – 2012. – #2. – P. 24–31.* ***3.*** *Anipko O.B. "Prezhdevremennyie razryivyi snaryadov korabelnoy artillerii i metodyi ih preduprezhdeniya. Zarubezhnyiy opyit" [Premature ruptures of shells of naval artillery and methods for their prevention. Foreign experience] O.B. Anipko, P.D. Goncharenko, V.L. Haykov // Zb. nakovih prats Akad. VMS Im. P.S. NahImova. – Sevastopol. – 2011. – Vip.4(8). – P. 6–16.* ***4.*** *Bolotin D.N. "Istoriya sovetskogo strelkovogo oruzhiya i patronov" [The history of Soviet small arms and ammunition] D.N. Bolotin. – SPb.: "Poligon", 1995.– 303 p.* ***5.*** *BaulIn D.S. "Ekspluatatsiyni harakteristiki striletskogo ozbroennya pri vikoristanni boepripasiv dovgotrivalogo zberigannya" [Operational characteristics of small arms with the use of longterm ammunition] Integrovani tehnologiyi ta energozberezhennya. H.: Natsionalnyiy tehnicheskiy universitet " HPI". – 2008. – #2, P. 113–117.* ***6.*** *Sokolovsky V.V. "Doslidgenya vlastuvostey porohiv, sho vuznachaut ih terminu zberigannya" [Investigation of the properties of the powders that define their storage terms] O.E Zabula, O.I. Melnuchuk// Zb. naukovih prats AVV – Kharkiv. – 2009. – Vip.2(14). – P. 32–35.* ***7.*** *Anipko O.B. "Vnutrennyaya ballistika stvolnyih sistem pri primenenii boepripasov dlitelnyih srokov hraneniya" [Internal ballistics of barrel systems with the use of ammunition for long periods of storage] – H.: Akad. vnutrIshnIh vIysk MVS UkraYini, 2010. – 129 p.* ***8.*** *Kirilov V.M. "Osnovaniya ustroystva i proektirovaniya strelkovogo oruzhiya" [Grounds for the design and design of small arms] – Penza: PVAIU, 1963. – 343 p.*

9. *Kuveko A.E. "Vnutrennyaya ballistika stvolnyih sistem i raketnyih dvigateley tverdogo topliva" [Internal ballistics of barrel systems and rocket engines of solid fuel] – M.: VVIA im. prof. N. E. Zhukovskogo, 1987. – 312 p.* **10.** *Churbanov E.V. "Vnutrennyaya ballistika artilleriyskogo orudiya" [Internal ballistics of artillery pieces] – M.: Voennoe izdatelstvo, 1973.– 103 p.* **11.** *"Osoblivosti harakteristik vnutrishnoyi balIstiki porohovih zaryadiv boepripasiv, yaki znahodyatsya za mezhami garantiynih strokiv zberigannya" [Features of the characteristics of the internal ballistics of the ammunition of powdered ammunition that are outside the warranty period of preservation]: [navch.–metod. posIbn. dlya visch. navch. zakl.] / O.B. Anipko, I.Y. Biryukov, D.S. Baulin, V.I. Vorobyov. – H.: Akad. vnutrishnih viysk MVS Ukrayini, 2008. – 40 p.* **12.** *"Nadezhnost i effektivnost v tehnike" [Reliability and efficiency in engineering]: Spravochnik: V 10 t. – T.1: Metodologiya. Organizatsiya. Terminologiya / Pod red. Rembezyi A.I. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 224 p.*

Торяник Д.О, Зюбан М.І., Соколовський В.В., Кошкаров Ю.Ю.

РОЗРАХУНОК ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ БОЄПРИПАСІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕМПЕРАТУРНО-ЧАСОВОГО РЕЖИМУ ЗБЕРІГАННЯ В РІЗНИХ УМОВАХ

При зберіганні боєприпасів, у більшому чи меншому ступені, на них неминуче будуть впливати об'єктивні (кліматична обстановка, біологічне середовище, сонячна радіація, властивості атмосфери, старіння) і суб'єктивні (залежні від дій обслуговуючого персоналу) фактори. У результаті спільного впливу суб'єктивних і об'єктивних факторів технічний стан боєприпасів чи поступово, чи стрибкоподібно буде змінюватися, і через якийсь час, у залежності від умов зберігання, значення показників, що визначають технічний стан боєприпасів, досягнуть граничного значення, якщо не почати завчасно спеціальних мір, що зменшують шкідливий вплив цих факторів.

Торяник Д.О., Зюбан М.І., Соколовский В.В., Кошкаров Ю.Ю.

РАСЧЕТ СРОКА ХРАНЕНИЯ БОЕПРИПАСОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННОГО РЕЖИМА ХРАНЕНИЕ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ

При хранении боеприпасов, в большей или меньшей степени, на них неизбежно будут влиять объективные (климатическая обстановка, биологическая среда, солнечная радиация, свойства атмосферы, старение) и субъективные (зависящие от действий обслуживающего персонала) факторы. В результате совместного влияния субъективных и объективных факторов техническое состояние боеприпасов или постепенно, или скачкообразно будет меняться, и через некоторое время, в зависимости от условий хранения, значения показателей, определяющих техническое состояние боеприпасов, достигнут предельного значения, если не начать заблаговременно специальных мер, уменьшающих вредное воздействие этих факторов.

D.Toryanik, M.Zyuban, V.Sokolovsky, Yu.Koshkarov

CALCULATION OF THE TIME OF STORAGE OF BIOPIRES IN DEPENDENCE FROM TEMPERATURE-TIME MODE OF STORAGE IN DIFFERENT CONDITIONS

When storing munitions, to a greater or lesser extent, they will inevitably be influenced by objective (climate, biological environment, solar radiation, atmospheric properties, aging) and subjective (depending on the actions of the staff) factors. As a result of the joint influence of subjective and objective factors, the technical state of ammunition will either gradually or spin-free change, and after some time, depending on the conditions of storage, the values of indicators that determine the technical state of ammunition will reach the limit value, if not start in advance of special measures that reduce the harmful effects of these factors.