

Рис. 1

вторичной локации. На рис. 2 представлены зависимости точности оценки азимута при совместном

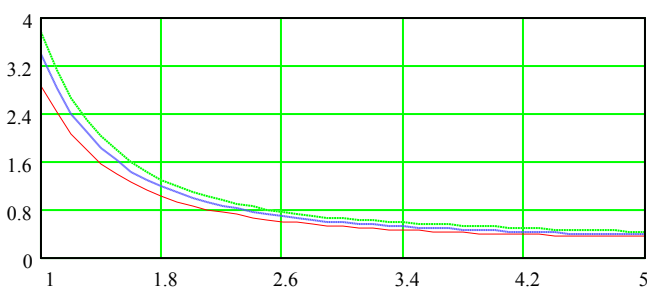


Рис. 2

использовании сигналов первичной и вторичной локации и различных соотношениях с/ш в каналах (отношение с/ш первичного и вторичного каналов равно 0,9 – сплошная, 0,7 – штриховая и 0,5 – штрих-пунктирная). При увеличении разности отношения с/ш в каналах обработки (рис. 2) точность оценки азимута уменьшается.

Как следует из (1) и (2), точность оценки азимута как первичными, так и вторичными радиолокационными системами зависит от длины пачки обрабатываемых бинарно-квантовых импульсов. В связи с этим на рис. 3 представлена зависимость точности оценки азимута при совместном использовании сигналов

первичной и вторичной локации при различном числе импульсов в пачке обрабатываемых сигналов (N=5 – сплошная, N=7 – штриховая и N=9 – штрих-пунктирная).

Как следует из рис. 3, при увеличении длины обрабатываемой пачки импульсов точность оценки азимута при совместном использовании сигналов первичной и вторичной локации возрастает.

Таким образом, совместное использование сигналов первичной и вторичной локации позволяет значительно повысить точность измерения азимута воздушных целей.

Литература: 1. Кузьмин С.З. Цифровая обработка радиолокационной информации. – М.: Сов. радио. – 1967. – 432 с. 2. А.С. № 1810858. Обнаружитель сигналов /Обод И.И., Маркитанов В.А., Астапов А.Н. В.И № 15. – 1993. 3. Давыдов П.С., Жаворонков В.П., Кашеев Г.В. Радиолокационные системы летательных аппаратов. М.: Транспорт. – 1977. – 356 с.

Поступила в редколлегию 14.12.97

Обод Иван Иванович, старший научный сотрудник, канд. техн. наук, докторант кафедры № 34 ХВУ. Научные интересы: синхронные сети разнесенных систем первичной и вторичной локации. Адрес: 310166, Украина, Харьков, ул. Коломенская, 27, кв.1.

Астапов Александр Николаевич, ст. препод. кафедры № 31, ХВУ. Научные интересы: совместное использование систем первичной и вторичной локации. Адрес: 310180, Харьков, ул. Тобольская, 31а, кв.16.

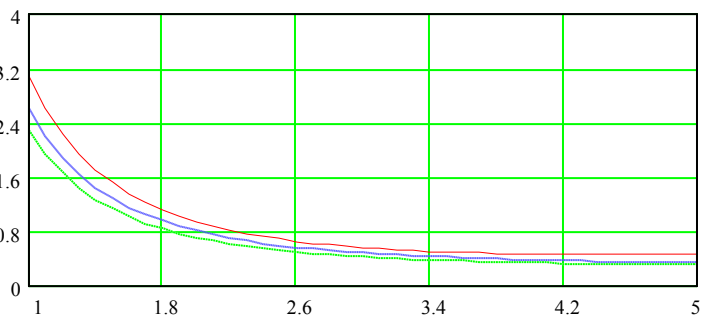


Рис. 3

УДК 615.89:537.868.029.64

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ОТ БИОВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И СОПУТСТВУЮЩИХ ФАКТОРОВ

ДЗЮНДЗЮК Б.В., НАУМЕЙКО И.В.

Защита человека и среды от комплекса вредных техногенных факторов предполагает наличие оптимальной по критерию "стоимость-эффективность" технической системы, которая использует модели биовоздействия этих факторов. Предлагается расширить возможность дозного критерия, учтя совместное воздействие микроволн и температуры, а также обобщение критерия "дозы" до "биоэффекта". Поставлены и решены характерные для систем защиты задачи оптимизации.

В качестве рабочего критерия биовоздействия микроволн до недавнего времени использовалась рекомендованная ГОСТом величина плотности потока энергии P , умноженной на время экспозиции t . Еще в [1] было предложено его очевидное обобщение – дозный критерий $D = \int P(t) dt$, где, однако, не ставилась цель учесть совместное воздействие нескольких факторов. В частности, стандартизована доза микроволн только при нормальной температуре $T=20^\circ\text{C}$, в то время как известно, что при повышении температуры вредное воздействие микроволн усиливается. Ниже предлагается расширить возможность критерия D , учтя совместное воздействие микроволн и температуры, и обобщение критерия "дозы" до "биоэффекта" B [2].

В качестве рабочего критерия биовоздействия микроволн и температуры для проектирования системы защиты в настоящей работе предлагается следующий функционал W , обобщающий D :

$$W(T, P(t), t) = \int_0^t (a_{01}P(t) + a_{11}(T-20)P(t) + a_{20}(T-20)^2) dt. \quad (1)$$

Рассмотрим множество из n защитных мероприятий, характеризуемых своими коэффициентами защиты K_i : $T=T_0/K_{it}$, $P=P_0/K_{ip}$, ($i=1..n$). Их величины зависят от средств, затраченных на проведение каждого i -го мероприятия. Физика процесса позволяет применять постулат мультипликативности: коэффициент защиты, обеспечиваемый независимым проведением мероприятий i , равен $K=\prod K_{ij}$, а также, в первом приближении, принять зависимость между стоимостью и эффективностью следующей: $C_i=C_{0i}(K_i-1)^{\alpha_i}$. Показатель α_i подбирается экспериментально. В большинстве случаев $\alpha_i > 1$, т.е. стоимость технических мероприятий по обеспечению безопасности растет быстрее, чем их эффективность. Каждое мероприятие в первом приближении действует на один из факторов T , P или, по крайней мере, известен параметр, связывающий коэффициенты защиты по T и P для каждого данного мероприятия. Тогда задачи оптимизации формализуются к виду:

- при проектировании системы защиты:

$$B \left(\frac{T}{\prod_i K_i}, \frac{P}{\prod_j K_j} \right) \rightarrow \min,$$

$$\sum_i C_{0i}(K_i - 1)^{\alpha_i} + \sum_j C_{0j}(K_j - 1)^{\alpha_j} = C_0;$$

- при предпроектном исследовании и разработке технического задания:

$$B \left(\frac{T}{\prod_i K_i}, \frac{P}{\prod_j K_j} \right) \leq B_0,$$

$$\sum_i C_{0i}(K_i - 1)^{\alpha_i} + \sum_j C_{0j}(K_j - 1)^{\alpha_j} \rightarrow \min.$$

Ниже решена задача непрерывной оптимизации для двух типов защитных устройств ($n=2$) при постоянной температуре $T > 20^0$ С.

Выражение (1), с учетом защиты, имеет вид

$$B = \frac{a_{01}}{K_2} \int_0^t P(t)dt + \frac{a_{10}}{K_1} (T - 20) + \frac{a_{11}(T - 20)}{K_1 K_2} \int_0^t P(t)dt + \frac{a_{20}(T - 20)^2 t}{K_1^2}.$$

После деления на C_0 и переобозначений:

$$D = \int_0^t P(t)dt; \quad b_1 = a_{10}(T - 20)t,$$

$$b_2 = Da_{01}, \quad b_3 = Da_{11}(T - 20), \quad b_4 = a_{20}(T - 20)^2 t$$

получим задачу:

$$b_1 / K_1 + b_2 / K_2 + b_3 / (K_1 K_2) + b_4 / K_1^2 \rightarrow \min,$$

$$C_{01}(K_1 - 1)^{\alpha_1} + C_{02}(K_2 - 1)^{\alpha_2} = 1.$$

Функция Лагранжа приводит, после исключения множителя Лагранжа, к системе нелинейных уравнений относительно коэффициентов защиты K_i :

$$\frac{\alpha_1 C_{01} (K_1 - 1)^{\alpha_1 - 1}}{\alpha_2 C_{02} (K_2 - 1)^{\alpha_2 - 1}} = \frac{b_1 / K_1^2 + b_3 / (K_1^2 K_2) + 2b_4 / K_1^3}{b_2 / K_2^2 + b_3 / (K_1 K_2^2)},$$

$$C_{01}(K_1 - 1)^{\alpha_1} + C_{02}(K_2 - 1)^{\alpha_2} = 1. \quad (2)$$

В частном случае, при отсутствии взаимного усиления факторов, $a_{11}=a_{20}=0$, ($b_3=b_4=0$), $\alpha_i = 1$, имеем аналитическое решение системы (2).

Оптимум достигается при

$$K_1 = \frac{1 + C_{02} + C_{01}}{SC_{02} + C_{01}}, \quad K_2 = K_1 S, \quad \text{где } S = \sqrt{\frac{C_{01} b_2}{C_{02} b_1}}. \quad (3)$$

Частный случай $\alpha_i = 2$ приводит к кубическому уравнению и также дает аналитическую формулу для оптимальных значений коэффициентов защиты. Случай $\alpha_i = a$, $K_i \gg 1$ позволяет получить приближенное решение в аналитическом виде:

$$K_1 \approx K_2 S_0, \quad K_2 \approx (C_{01} S_0^{\alpha} + C_{02})^{-1/\alpha},$$

$$S_0 = (b_1 C_{02} / b_2 C_{01})^{1/(\alpha-3)}.$$

Рассмотрение случая взаимного усиления факторов в условиях повышенной защищенности ($K_i \gg 1$, $b_1=b_2=b_4=0$, $b_3 \neq 0$) позволяет получить простую систему приближенных уравнений, не зависящую от b_3 :

$$K_2^{\alpha_2} C_{02} \approx K_1^{\alpha_1} C_{01}, \quad K_2^{\alpha_2} C_{02} + K_1^{\alpha_1} C_{01} \approx 1.$$

Приближенные оптимальные решения в этом случае $K_i \approx 1 / (2C_{0i})^{1/\alpha_i}$.

Выражения для K_j могут быть использованы в качестве начального приближения при решении общей системы численным методом.

Отметим, что для нетехнических (например, организационных) мероприятий их эффективность обычно растет быстрее стоимости (по крайней мере, в нынешних условиях). Их связь хорошо описывается логарифмической функцией: $C_i = C_{0i} \ln(K_i)$. В этом случае задача $B(T_i, P) \rightarrow \text{MIN}$ при $C_{0i} = C_0$ также имеет простое аналитическое решение

$$K_2 = K_1 S, \quad K_1 = \exp((1 - C_{02} \ln S) / (C_{01} + C_{02})).$$

Отметим, что построение формул для W и B , а также нахождение значений a_{ij} по результатам биомедицинских экспериментов представляет собой отдельную задачу.

Литература: 1. Савин Б.М. Проблемы гигиенического нормирования электромагнитного излучения радиочастотных диапазонов на современном этапе // Тез. докл. «Летняя школа по неионизирующему электромагнитному излучению». Прага. - 1980. - С.17-19. 2. Kirpilenko L.N., Naumeyko I.V. "On the Modified Doze Approach to Assessment of Injury in "Man-Machine-Surroundings" System". Advances in Industrial Ergonomics and Safety VI, Edited by F.Aghazadeh, Taylor&Francis, 1994, p.141-143.

Поступила в редколлегия 10.10.97

Джондзюк Борис Васильевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой охраны труда ХТУРЭ. Научные интересы: защита от электромагнитных излучений; безопасность жизнедеятельности. Увлечения и хобби: автомобиль. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-93-60.

Науемейко Игорь Владимирович, канд. техн. наук, доцент, докторант ХТУРЭ. Научные интересы: математические методы моделирования человеко-машинных систем. Увлечения и хобби: йога, психология, история религий. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-93-60, 47-48-07.