А.И.Буравлев, доктор технических наук,
профессор
К.В.Голубятников

Методика выявления грубых ошибок в исходных данных по эффективности применения средств поражения

В статье рассматривается метод повышения достоверности исходных данных по эффективности применения средств поражения, поступающих из различных источников информации, которые могут содержать как случайные, так и преднамеренные ошибки в данных. Предлагаемый метод основан на оценке степени корреляции исходных данных и позволяет выявлять и корректировать ошибки, содержащиеся в исходных данных, тем самым повышая достоверность всего анализируемого массива данных. Приведены примеры расчетов.

Анализ исходных данных по эффективности применения средств поражения (СП), поступающих из разных источников (предприятий промышленности, научно-исследовательских организаций и испытательных полигонов, зарубежной военно-технической информации), показывает, что часто эти данные существенно отличаются друг от друга. Это означает, что некоторые источники содержат как преднамеренные, так и не преднамеренные ошибки в оценке эффективности СП. Для выявления таких ошибок разработана методика статистического анализа исходной информации, основанная на оценке степени корреляции исходных данных с известными физико-техническими зависимостями и выявления индивидуальных отклонений по СП, превышающих заданный уровень статистической погрешности [1].

Рассмотрим применение данной методики к оценке характеристик поражающего действия образцов ВВТ различными средствами поражения.

Характеристикой поражающего действия СП по одиночным объектам является площадь приведенной зоны поражения (ПЗП), рассчитываемая для трех типов поражения: А (уничтожение), В (вывод из строя), С (повреждение).

Площадь приведенной зоны поражения объекта при действии по нему СП зависит от типа боевой части (фугасная, осколочно-фугасная, кумулятивная, осколочно-кумулятивная и т.д.), массы и условий подрыва боевой части (БЧ).

Теоретические и экспериментальные исследования [1-4] показывают, что при типовых условиях подрыва величина поражающего фактора (избыточное давление на фронте ударной волны, объем выброса грунта, площадь зоны поражения) Sn связана с массой m и типом БЧ зависимостью

$$S_n \approx k m^{\alpha}, \qquad (1)$$

где коэффициенты k, α зависят от типа БЧ, условий подрыва и заданной степени поражения объекта и подбираются экспериментально.

Эта зависимость далее используется для построения регрессионной зависимости площади ПЗП $S_n = f(m)$ для различных средств и объектов поражения.

Исходная информация по эффективности поражающего действия СП по определенному образцу ВВТ представляется в виде таблицы значений S_n для разных типов поражения (А, В, С) и применяемых СП (таблица 1). Данные, приведенные в статье, отличны от реальных, но при этом позволяют наблюдать имеющуюся в них зависимость.

Общим требованием является использование БЧ с близкими по характеру поражающего действия физико-техническими свойствами. В рассматриваемом примере все БЧ СП имеют осколочно-фугасное действие.

Таблица 1 - Исходная информация по эффективности поражения фронтового бомбардировщика типа Су-24*

Тип СП	Масса БЧ, кг	Площадь ПЗП, $м^2$					
		A	δ	B	δ	C	δ
AIM-9X Сайдвиндер	9,4	6	66%	8	62%	11	62%
AIM-120A AMRAAM	21	8	21%	10	29%	14	25%
AIM-7A Спарроу	25	10	23%	12	5%	16	0%
PL-12	25	8	21%	10	29%	14	25%
PL-7	13	7	44%	9	46%	12	50%
PL-9	11,8	6	66%	8	62%	10	74%
R.5300 Супер-Матра	35	9	1%	12	5%	16	0%
Mk.2 Мажик-2	12	7	44%	9	46%	12	50%
MICA-EM	12	6	66%	8	62%	11	62%
AIM-9M Сайдвиндер	9,4	6	66%	8	62%	11	62%
АТАМ Мистраль-2	3	2	156%	3	146%	5	136%
AIM-132 ASRAAM	9,4	4	111%	6	96%	7	112%
ЗУР MIM-104 Патриот-2	91	11	46%	15	55%	24	99%
ЗУР MIM-23B	54	10	23%	14	38%	20	50%
ЗУР Хунци-7	14	7	44%	9	46%	13	37%
ЗУР Хунци-61A	50	9	1%	12	5%	15	12%
ЗУР AIM-120 A	21	8	21%	10	29%	14	25%
ЗУР MIM-146	12	20	247%	26	240%	40	298%
ЗУР Хунци-9A	150	14	113%	17	89%	25	112%
PL-21	47	10	23%	12	5%	16	0%
ЗУР FT-2000	150	20	247%	28	274%	30	174%
Коэффициент корреляции R_{sm}		0,66		0,67		0,58	

По исходным данным определяется коэффициент корреляции R_{sm} между массой БЧ и площадью ПЗП для разных типов поражения (A, B, C). Значения коэффициента корреляции представлены в последней строке таблицы. Видно, что корреляция между массой БЧ и площадью ПЗП не высокая, несмотря на наличие функциональной зависимости (1) между массой БЧ и площадью ПЗП. Причиной невысокой корреляции может быть наличие грубых ошибок в исходных данных. Действительно, если представить графически поле значений (S_n, m) (рисунок 1), то можно увидеть резкие отклонения значений S_n для двух типов СП: ЗУР MIM-146 и ЗУР FT 2000.

Для определения точности оценки данных по каждому типу СП рассчитывается величина δ относительного уклонения S_n от среднего значения $\bar{S}_n$ и среднего квадратического отклонения (СКО) σ_S, рассчитанных по данной выборке [4]

$$\sigma_S = \frac{|S_n - \bar{S}_n|}{\delta}.$$

Значения относительных уклонений также представлены в таблице 1, откуда видно, что для СП ЗУР MIM-146, ЗУР FT-2000, а также для АТАМ Мистраль-2 эти уклонения в 1,5-2,5 раза превышают выборочное СКО. Это обстоятельство указывает на наличие явных ошибок в приведенных данных по площади ПЗП для указанных типов СП [4].

Исключим из исходных данных указанные типы СП и построим для остальных СП

* Здесь и далее указаны условные исходные данные.

уравнение регрессии вида $S_n = km^{\alpha}$ по каждому типу поражения (A, B, C). График искомого уравнения регрессии y=2,8465*x0,32 для поражения объекта по типу А показан на рисунке 2. Коэффициент детерминации данного уравнения, характеризующий адекватность найденного регрессионного уравнения, достаточно высокий и составляет $R_2 = 0{,}83$.

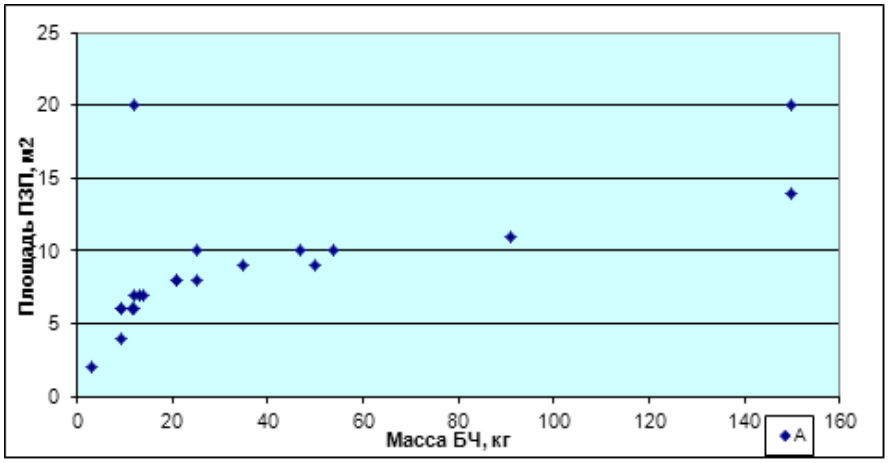

Рисунок 1 – Статистическая зависимость площади ПЗП от массы БЧ (тип поражения А)

Аналогичные уравнения получены и для других типов поражения с коэффициентом адекватности не ниже 0,8.

Далее с помощью этих зависимостей производится корректировка значений ПЗП для исключенных из списка СП. Корректировка состоит в пересчете значения ПЗП для разных типов поражения с помощью полученного уравнения регрессии и внесение этих значений в таблицу исходных данных.

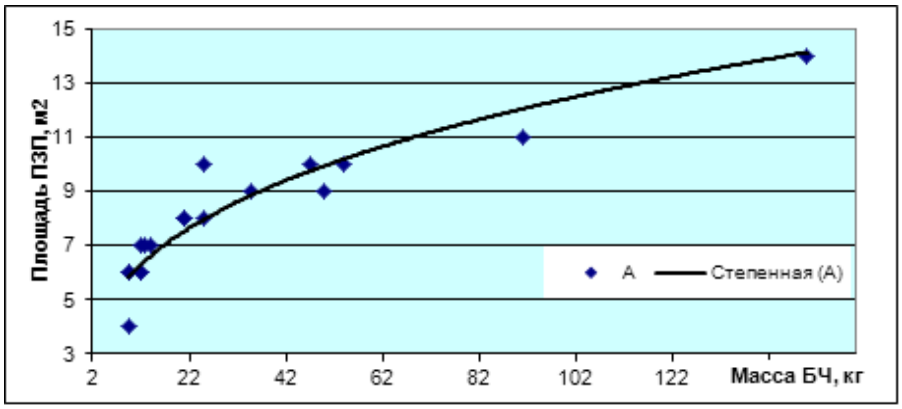

Рисунок 2 – Регрессионная зависимость площади ПЗП от массы БЧ для поражения объекта по типу А

После корректировки производится оценка среднего значения $\bar{S}_n$ и СКО σ_S площади ПЗП и рассчитываются уточненные индивидуальные уклонения δ ПЗП для всего списка СП. Если величина уклонений не превышает выборочное СКО σ_S, то корректировка завершается, и таблица включается в базу данных СИД. В случае, если находится СП с величиной уклонения $\delta > \sigma_S$, то для него также производится корректировка и затем пересчет $\bar{S}_n, \sigma_S, \delta$. Процедура завершается по достижению заданной точности оценивания всех исходных данных.

В таблице 2 приведены скорректированные значения площади ПЗП СП и параметров уравнения регрессии для всех типов поражения (A, B, C).

Таблица 2 – Скорректированные значения приведенных зон поражения

Тип СП	Масса БЧ, кг	Площадь ПЗП, $м^2$					
		A	δ	B	δ	C	δ
AIM-9X Сайдвиндер	9,4	6	28%	8	35%	11	29%
AIM-120A AMRAAM	21	8	22%	10	17%	14	16%
AIM-7A Спарроу	25	10	75%	12	57%	16	37%
PL-12	25	8	1%	10	5%	14	3%
PL-7	13	7	36%	9	37%	12	22%
PL-9	11,8	6	8%	8	15%	10	9%
R.5300 Супер-Матра	35	9	8%	12	12%	16	3%
Mk.2 Мажик-2	12	7	44%	9	44%	12	29%
MICA-EM	12	6	7%	8	13%	11	9%
AIM-9M Сайдвиндер	9,4	6	28%	8	35%	11	29%
ATAM Мистраль-2	3	2	45%	3	41%	5	21%
AIM-132 ASRAAM	9,4	4	46%	6	27%	7	51%
ЗУР MIM-104 Патриот-2	91	13,9	0%	15	62%	24	6%
ЗУР MIM-23B	54	10	42%	14	6%	20	15%
ЗУР Хунци-7	14	7	29%	9	29%	13	36%
ЗУР Хунци-61A	50	9	65%	12	43%	15	73%
ЗУР AIM-120 A	21	8	22%	10	17%	14	16%
ЗУР Хунци-9A	150	17,2	0%	20,8	0%	25	79%
PL-21	47	10	18%	12	33%	16	44%
ЗУР MIM-146	12	5,8	69%	7,6	72%	10,5	69%
ЗУР FT-2000	150	17,2	0%	20,8	0%	28,9	0%
Коэфф. корреляции Rsm		0,95		0,94		0,92	
Ср. значение $\bar{S}_n$		8,44		10,67		14,55	
СКО σ_S		3,82		4,30		5,83	
Параметры уравнения регрессии	$S_n = km^{\alpha}$						
k		1,9		2,9		4	
α		0,45		0,4		0,4	
Коэфф. адекватности регрессии R^2		0,89		0,9		0,9	

Как видно из этой таблицы величина погрешности оценки площади ПЗП не превышает значения выборочного СКО для всей совокупности СП.

В нижней части таблицы приведены параметры уравнения регрессии для разных типов поражения. Полученные результаты находятся в полном соответствии с принятой теоретической зависимостью площади ПЗП от массы БЧ и типа поражения объекта.

Общий алгоритм анализа и корректировки исходных данных представлен на рисунке 3.

Рассмотренная выше методика может быть использована при анализе и других статистических данных по эффективности применения не только СП, но и образцов вооружения и военной техники, а ее алгоритм применен при разработке специального программного обеспечения автоматизированных информационных систем военного назначения.

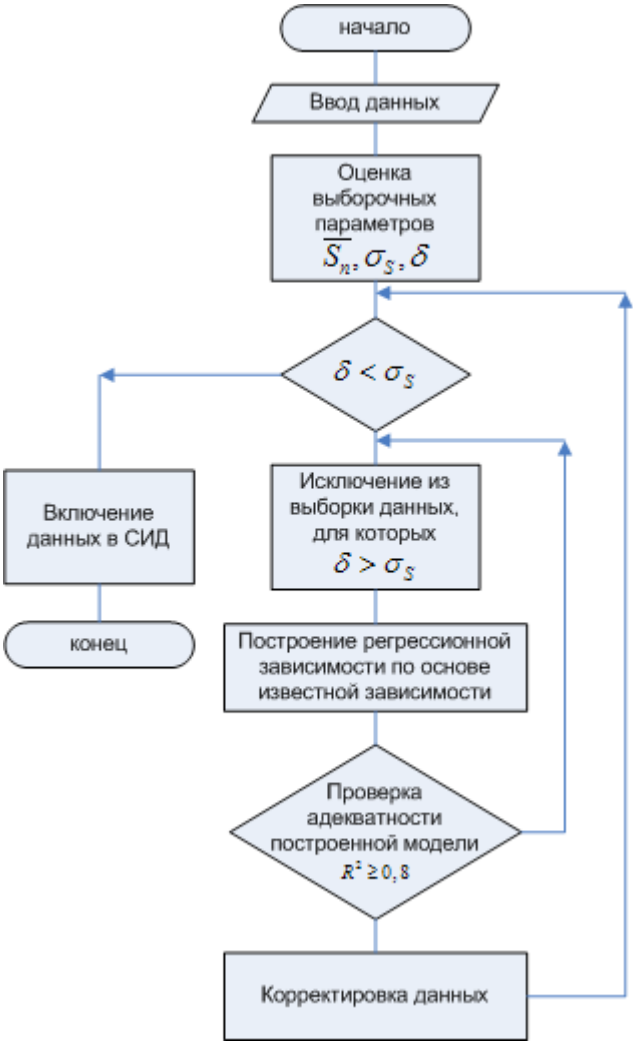

Рисунок 3 – Общий алгоритм анализа и корректировки исходных данных

Список использованных источников

1. Баум Ф.А., Орленко Л.П., Станюкович К.П. и др. Физика взрыва. – М.: «Наука», 1975.

2. Покровский Г.И. Взрыв. – М.: «Недра», 1980.

3. Миропольский Ф.П., Саркисян Р.С., Вишняков О.Л., Попов А.М. Авиационные боеприпасы. – М.: Издание Военно-воздушной инженерной академии им. проф. Н.Е. Жуковского, 1996.

4. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии. Военно-теоретический труд / Под ред. А.А. Бобрикова. – СПб.: Издание Академии военных наук, 2006.