УДК 167/168

Зюзин Борис Федорович,
д.т.н., профессор, ТвГТУ, Тверь,
Boris Fyodorovich Zyuzin, TvSTU, Tver,

Жигульская Александра Ивановна
к.т.н., доцент, ТвГТУ, Тверь,
Zhigulskaya Alexandra Ivanovna, TvSTU, Tver,

Сергеева Армен Сергеевна,
аспирант ТвГТУ, Тверь,
Sergeeva Armen Sergeevna, TvSTU, Tver

Рыльский Сергей Александрович
аспирант ТвГТУ, Тверь,
Rylsky Sergey Alexandrovich, TvSTU, Tver

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОГО ИНВАРИАНТА ДИСТОРТНОСТИ
STATISTICAL ASSESSMENT OF THE LIMIT THE INVARIANT OF DISTORTION

Аннотация: Применен информационно-энергетический подход в построении общей теории инвариантов предельных состояний, обеспечивающий количественный и качественный статистический анализ оценки структурных параметров систем и объектов природных сред и искусственного интеллекта.

Abstract: The information-energy approach is applied in the structure of the general theory of limit state invariants, providing quantitative and qualitative statistical analysis of the assessment of structural parameters of systems and objects of natural environments and artificial intelligence.

Ключевые слова: дистортность, инвариант предельного состояния.

Keywords: distortion, the limit state invariant.

Исследование физико-технических свойств различных материалов, изменчивости показателей надёжности технологических систем и принципов оценки техногенных рисков основаны на методиках определения количественных отклонений определяющих параметров от установленных предельных их значений.

Принято [1] определять степень техногенного риска показателями: средним ожидаемым значением и колеблемостью (изменчивостью) возможного результата.

В основе рассмотрения широкого класса физических явлений в переходных процессах лежит научная гипотеза [2], которая исходя из особенностей причинно-следственных связей, определяет наличие вне пространственно-временной закономерности функционирования различных структурных систем в критических ситуациях.

С учётом реальной мерности пространственно-временных характеристик природных систем (например, сплошных сред, математических множеств, информационных систем и т.д.) данная закономерность проявляется как свойство дистортности [2, 4].

Предложенные модели оценки предельных состояний [3] могут быть использованы для разработки статистического метода определения количественных и качественных показателей в оценке техногенных рисков.

Анализируя влияние среднего квадратического отклонения σ на кривую нормального распределения, еще раз возвращаемся к смыслу среднего квадратического отклонения: σ так же, как и $\sigma 2$, характеризует рассеивание случайной величины вокруг своего математического ожидания.

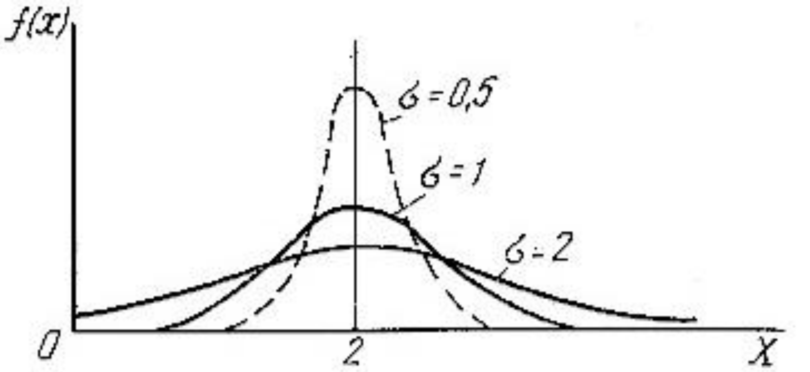

Рис. 1. Влияние среднего квадратического отклонение на вид кривых Гаусса

Другими словами, изменение параметра σ при фиксированном (или нормированном) значении XС характеризует форму кривой Гаусса.

Так как площадь под кривой Гаусса всегда равна 1, то при увеличении σ кривая Гаусса становится плосковершинной; при уменьшении σ –кривая Гаусса вытягивается вверх.

Поэтому параметр σ иногда называют параметром масштаба (аналогия с параметром мерности структурной системы).

Нормальное распределение имеет исключительно важное значение в теории вероятностей и математической статистике. Нормальное распределение часто встречается на практике в самых различных областях.

Принято считать, что ошибки измерений, вес детали, размер детали, вес и рост людей имеют нормальное распределение.

С нормальным распределением приходится сталкиваться при анализе производственных погрешностей, контроле технологических процессов и режимов, а также при анализе и прогнозировании различных явлений в биологии, медицине и других областях знания.

Интеграл от плотности нормального распределения (функция Лапласа) не выражается через элементарные функции

Основными числовыми характеристиками статистических распределений являются среднее значение *XC* и дисперсия *S2*.

Физический смысл среднего значения – это центр, относительно которого распределены частности статистического ряда (центр круга наблюдений, рис. 2).

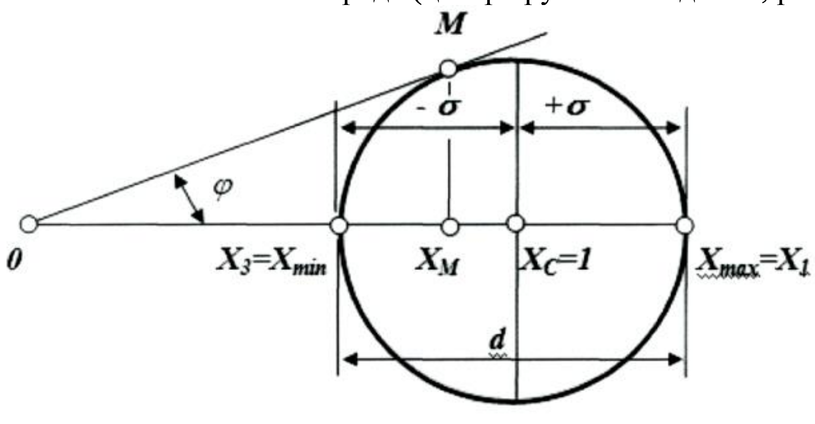

Рис. 2. Расчетная схема статистического поля наблюдений

Важной характеристикой рассеивания является выборочный коэффициент вариации σ (безразмерная величина – радиус круга наблюдений). Пределы вариации дают представление о тех границах, за которыми следуют качественные изменения состояния структурной системы.

При большом объёме выборки статистические распределения сглаживаются, тем не менее, любому статистическому распределению свойственны черты случайности (в общем понятии – дисторнтости).

Так как коэффициент вариации – величина относительная, то на его размер не оказывают влияние абсолютные значения изучаемого показателя.

С помощью коэффициента вариации σ можно сравнивать даже колеблемость признаков, выраженных в разных единицах измерения.

Коэффициент вариации изменяется в пределах от *0* до *100%*, при этом, значение σ прямо пропорционален силе колеблемости – уровню нелинейности функциональной системы *ХА* (табл. 1).

Нормальное распределение имеет исключительное значение в теории вероятностей и математической статистике.

С нормальным распределением приходится сталкиваться при анализе производственных погрешностей, контроле технологических процессов и режимов, а также при анализе и прогнозировании различных явлений в биологии, медицине и других областях знания.

Таблица 1

Расчетные зависимости модельных параметров

Исходные условия и параметры	XC = 1, ±σ; X3 = Xmin X1 = Xmax; X1+X3 = 2
Параметры состояния	X3 = 1 – σ, X1 = 1 + σ
Эквивалентное значение параметра состояния	XM = 1 – σ2
Размер максимального круга состояний	D = X1 + X3 = 2
Размер минимального круга состояний	d = X1 – X3 = 2σ
Угол связности структуры	φ = arcsin σ
Параметр уровня нелинейности	XA = σ
Критерий предельного состояния	KP = (XM – X3)/X1

Для удобства вычисления принято случайную величину «нормировать», т.е. переходить к новой переменной

$$U = \frac{x - X_C}{\sigma}.$$

Величина рассматриваемой нормированной переменной *U* для случая предельного состояния при $-\sigma < XM < +\sigma$ будет определена выражением

$$U = \frac{X_M - X_C}{\sigma}.$$

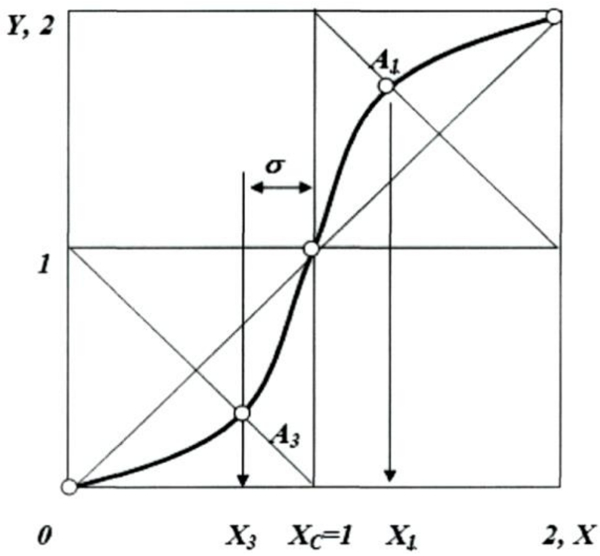

Рис. 3. Модельная схема представления функции распределения в приведённой системе координат определяющих параметров

После преобразований имеем:

$$U = -\frac{X_1 - X_3}{X_1 + X_3} = -\sin\varphi.$$

В табл. 1 приведены основные расчётные зависимости модельных параметров.

На рис. 3 приведена модельная схема отображения распределения случайной величины в приведённой системе координат определяющих параметров.

Критерий предельного состояния непосредственно связан со значением коэффициента вариации зависимостью:

$$K_p = \frac{\sigma(1-\sigma)}{1+\sigma}.$$

Критерий предельного состояния носит экстремальный характер (рис. 4), при этом *dKP/dσ =0*, откуда с учётом зависимостей (см. табл. 1) получаем уравнение

σ2 + 2σ – 1 = 0.

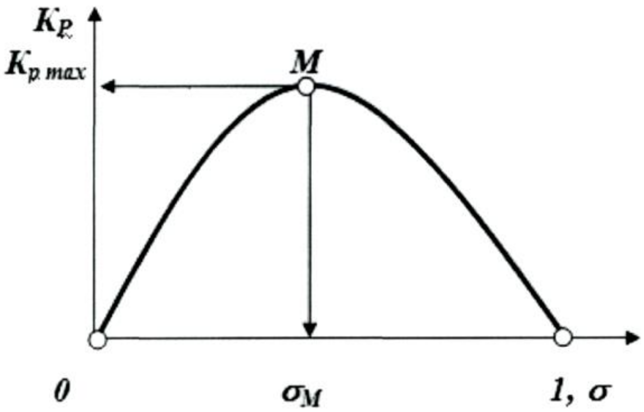

Рис. 4. Зависимость *KP = f (σ)*

Решение данного уравнения определяет условие экстремума критерия *KP* → *max* при $\boldsymbol{\sigma = \sqrt{2} - 1}$.

Тогда имеем *Kpmax=σ2.*

Критерий предельного состояния позволяет ввести качественную оценку рисков.

Так область в пределах *0<σ<σM* является докритической зоной, а при *σ>σM* наступает потеря устойчивости функциональной системы.

В табл. 2 приведены расчётные величины модельных параметров для случая *XC=1* в диапазоне изменения значений коэффициента вариации статистического распределения *0<σ <1.*

Таблица 2

Расчетные модельные параметры поля наблюдений

*X*M	0	0,64	0,75	0,828	0,888	1
D	2	2	2	2	2	2
d	2	1,2	1	0,829	2/3	0
σ	1	0,6	0,5	$\sqrt{2}$ **–1**	1/3	0
*X*A	1	0,6	0,5	$\sqrt{2}$ **–1**	1/3	0
*K*P	0	0,15	1/6	**(**$\sqrt{2}$ **–1)2**	1/6	0

Представленный критерий подобия напряжённо-деформированных состояний обладает инвариантностью, является отношением двух противоположных начал: растяжения – сжатия, разрушения – упрочнения, притяжения – отталкивания, нагревания – охлаждения, порядка – хаоса и т.д.

Теория дистортности в настоящее время реализуется как возможность в следующих сферах познания [5]: математика и геометрия, физика, естествознание, природопользование, механика грунтов и горных пород, геология, пищевая промышленность, экономика и менеджмент, трибология, эзотерика, горное и торфяное дело, техника и технология, музыка, физиология и медицина, биология и химия, педагогика, философия, экология, архитектура и строительство, искусство, космология, теория сложности, комплексная безопасность, качество образования, искусственный интеллект и др.

Список литературы:

1. Модели управления конфликтами и рисками: монография / С.А. Баркалов и др.; под ред. Д.А. Новикова. Воронеж: научная книга, 2008. 495 с.
2. Дистортность в природных системах: монография / Миронов В.А., Зюзин Б.Ф., Терентьев Л.А., Лотов В.Н. Минск: Беларуская навука, 1997. 415 с.
3. Прогнозирование предельных состояний в нелинейной геомеханике: монография / Б.А. Богатов, В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин, В.Н. Лотов. Минск: БГА, 2000. 340 с.
4. Принятие решений по управлению безопасностью жизнедеятельности на основе теории дистортности: монография / Б.Ф. Зюзин, Г.П.Виноградов, Ю.А. Воронин. Тверь: ТвГТУ, 2020. 176 с.
5. Зюзин Б.Ф. Дистортность вокруг нас: монография. Тверь: ТвГТУ, 2023. 160 с.