

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С.Д. Дегтярев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ ОБЕСПЕЧЕННОСТЕЙ

Учебно-методическое пособие для вузов

Издательско-полиграфический центр
Воронежского государственного университета
2012

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	4
2. Методические основы определения параметров и построения кривых обеспеченностей	5
2.1. Кривые обеспеченностей и их применение в гидрологических, водохозяйственных и экологических расчетах	5
2.2. Предварительный анализ исходных данных	10
2.3. Оценка однородности и стационарности рядов наблюдений	11
2.4. Основные типы аналитических кривых обеспеченности.....	16
2.5. Определение параметров аналитических кривых обеспеченностей по данным рядов наблюдений	20
2.6. Оценка точности числовых параметров и ординат аналитических кривых обеспеченностей	24
2.7. Построение эмпирической и аналитической кривых обеспеченностей.....	27
3. Использование электронных таблиц EXCEL для определения параметров и построения кривых обеспеченности	29
4. Пример определения параметров и построения кривых обеспеченностей.....	32
5. Литература	50
6. Приложения	51
Приложение 1. Таблицы статистик (критериев)	52
Приложение 2. Таблицы ординат кривых обеспеченности	62
Приложение 3. Таблицы среднеквадратических погрешностей определения параметров и ординат кривых обеспеченностей.....	72
Приложение 4. Номограммы для определения параметров трехпараметрического гаммараспределения.....	83

правомерно только в случае устойчивости (стационарности) статистических характеристик.

В прогнозировании природных процессов на период эксплуатации сооружений и систем возможны два основных подхода. Первый – это точная оценка величины и времени наступления прогнозируемой характеристики. Данный подход реализуется детерминистическими и статистическими методами.

При детерминистическом подходе, даже при надежном прогнозировании гелиофизических и климатических факторов в самых благоприятных условиях, заблаговременность прогноза не превышает 1 года, что недостаточно для проектирования сооружений и систем. Статистические методы прогнозирования основываются на теории случайных процессов и не дают необходимой точности для рядов характеристик, в большинстве случаев, не превышающих 80–100 членов.

Второй подход основан на оценке вероятности появления прогнозируемой величины в том или ином диапазоне за период эксплуатации без указания на время его появления. Данный подход основан на материалах наблюдений и наиболее применим в современных условиях, поэтому и рекомендуется нормативными документами при проектировании сооружений.

Для реализации второго подхода необходимо наличие устойчивости статистических характеристик природных процессов, и, прежде всего, частоты появления величины в том или ином диапазоне, которая с увеличением продолжительности наблюдений должна стремиться к вероятности события.

Случайная величина полностью описана с вероятностной точки зрения, если задано распределение вероятностей всех ее значений, т.е. указано какой вероятностью обладает каждое из ее возможных значений. Этим устанавливается закон распределения случайной величины.

Закон распределения может быть выражен в табличной, графической и аналитической форме.

Для количественной характеристики закона распределения пользуются вероятностью события $X < x$, где x – некоторое значение текущей случайной переменной. Вероятность этого события $P(X < x)$ называется интегральной функцией распределения $F(x)$ [15]:

$$F(x) = P(X < x). \quad (1)$$

В гидрологических, водохозяйственных и экологических расчетах принято рассматривать функцию

$$F_0(x) = P(X \geq x) = 1 - P(X < x) = 1 - F(x). \quad (2)$$

Эту функцию называют функцией обеспеченностей (вероятностей превышения), а ее графическое изображение – кривой обеспеченностей (кривой вероятностей превышения).

Свойства интегральной функции обеспеченностей [15]:

1. $F_0(x)$ – невозрастающая функция аргумента:

при $x_2 > x_1$ $F_0(x_1) \leq F_0(x_2)$;

2. При $x = -\infty$ $F_0(x) = 1$;

3. При $x = +\infty$ $F_0(x) = 0$.

Для изучения поведения случайной величины используется понятие плотности распределения или дифференциального закона распределения.

Плотность распределения [15]:

$$f(x) = F'_0(x) = \frac{dF_0(x)}{d(x)}. \quad (3)$$

Кривая, изображающая плотность распределения, называется кривой плотности распределения. Между интегральной функцией обеспеченностей и плотностью распределения существует следующая зависимость [15]:

$$F_0(x) = \int_x^{\infty} f(x) dx. \quad (4)$$

Основные свойства плотности распределения [15]:

$$1. f(x) \geq 0; \quad (5)$$

$$2. \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1. \quad (6)$$

Построение кривой обеспеченностей можно объяснить на примере построения гистограммы (графика распределения), которая показывает, какое число стоковых характеристик данной величины (или заданного интервала величин) содержится в данном ряду.

Допустим, что имеется ряд из n величин характеристики Q . Располагаем этот ряд в убывающем порядке и разбиваем ряд на интервалы. Затем для каждого интервала определяем повторяемость (p) в процентах

$$p = \frac{n}{N} \times 100 \%, \quad (7)$$

где n – количество лет, когда стоковая характеристика попадает в заданный интервал;

N – количество лет в ряду.

Откладываем на графике по оси ординат значения стоковой характеристики (в середине интервала), а по оси абсцисс – значения повторяемости ($p_1, p_2, p_3, \dots, p_m$). Соединив нанесенные точки, получим гистограмму распределения, которая при увеличении длины ряда и уменьшении длины интервала превращается в непрерывную кривую плотности распределения (рис. 1).

Если последовательно просуммировать в убывающем порядке (от наибольшего к наименьшему значению) от верхнего к нижнему интервалу повторяемости в каждом интервале значения характеристик стока и полученные суммы отложить на том же графике, то получим эмпирическую кривую обеспеченностей (рис. 1).

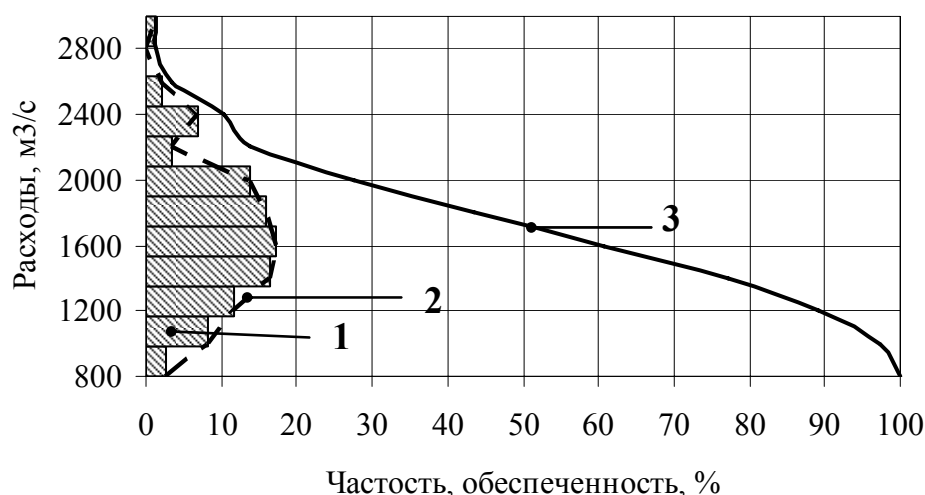


Рис. 1. Гистограмма распределения (1), кривая плотности распределения (2) и кривая обеспеченностей (3) годовых расходов р. Днепр у пгт. Лоцманская Каменка

При проектировании, строительстве и эксплуатации водохозяйственных, гидротехнических, транспортных, экологических сооружений и систем необходима вероятностная оценка величины различных характеристик природных процессов на период строительства, эксплуатации, реконструкции и ликвидации. Значение обеспеченности характеристики определяет степень риска разрушения и нормируется техническими регламентами, государственными стандартами (ГОСТ), сводами правил (СП), строительными нормами и правилами (СНиП). В зависимости от надежности и ответственности устанавливаются классы сооружений.

Для гидротехнических сооружений в соответствии с СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» [14] установлены 4 класса сооружений. Каждому классу сооружения соответствует определенная обеспеченность гидрологической характеристики.

При проектировании постоянных речных гидротехнических сооружений обеспеченность расчетных характеристик принимается в зависимости от класса сооружений для двух расчетных случаев – основного и поверочного в соответствии с таблицей 2.1 [14].

Таблица 2.1

Обеспеченность расчетных максимальных расходов воды, %

Расчетные случаи	Классы сооружений			
	I	II	III	IV
Основной	0,1	1,0	3,0	5,0
Поверочный	0,01	0,1	0,5	1,0

Для временных гидротехнических сооружений IV класса ежегодную расчетную обеспеченность расчетных максимальных расходов воды следует принимать равной [14]: