

A faded world map in shades of blue and yellow serves as the background for the text.

Лекция 3

Статистическое имитационное моделирование

Примеры задач, решаемых с помощью СИМ

- 1. Проектирование и анализ производственных систем* (например, прогнозирование финансовых результатов деятельности предприятия);
- 2. анализ финансовых и экономических систем* (например, управление процессом реализации инвестиционного проекта с учетом возможных рисков).
- 3. модернизация различных процессов в деловой сфере* (например, бизнес-реинжиниринг предприятия, включая оптимизацию его структуры и ресурсов, поиск вариантов реконструкции, инвестирования или кредитования производственной деятельности);
- 4. определение требований* к оборудованию и протоколам сетей связи;
- 5. определение требований* к оборудованию и программному обеспечению компьютерных систем;

6. моделирование *процессов логистики* для определения временных и стоимостных параметров;
7. проектирование и анализ работы *транспортных систем*, например аэропортов, автомагистралей, портов и метрополитена;
8. *оценка проектов создания и использования СМО* (например, размещение предприятий сферы услуг с учетом региональных факторов);
9. анализ *систем управления запасами* при недетерминированном спросе;
10. анализ *эксплуатационных параметров распределенных многоуровневых управляющих информационных систем*;
11. анализ *адаптивных свойств и живучести банковских информационных систем* (например, вышедшая из строя в результате природной катастрофы система электронных платежей в Японии была восстановлена уже через несколько дней);
12. *оценка различных систем вооружений* и требований к их материально-техническому обеспечению.

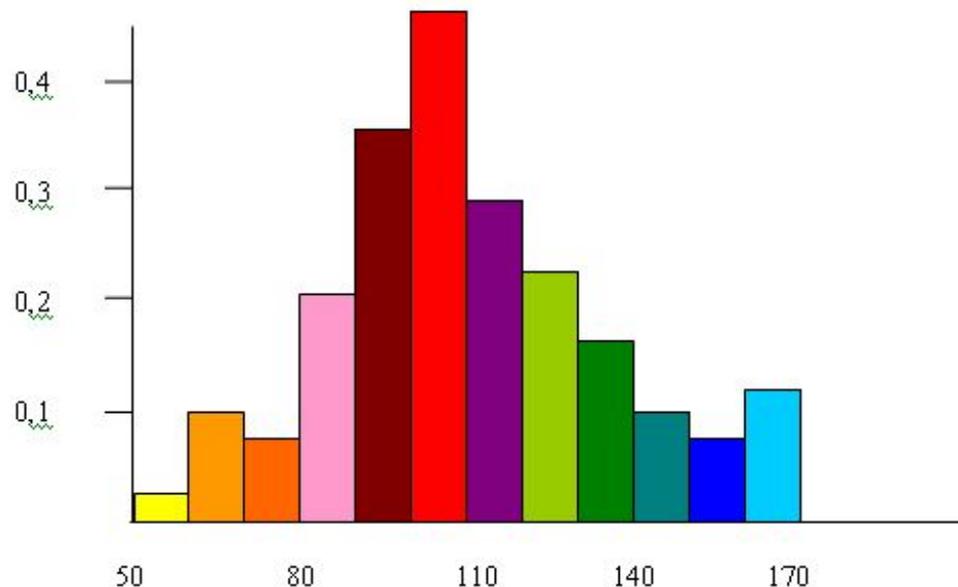


Рис. 1. Гистограмма относительных частот

Для *дискретных* переменных определяются *частоты появления каждого из возможных значений*.

Для *непрерывных* - диапазон разбивается на равные интервалы (группы) и определяется частота появления переменной в каждой группе. Относительная частота для каждой группы равна отношению *наблюдаемого числа* событий данной группы к *общему числу событий*.

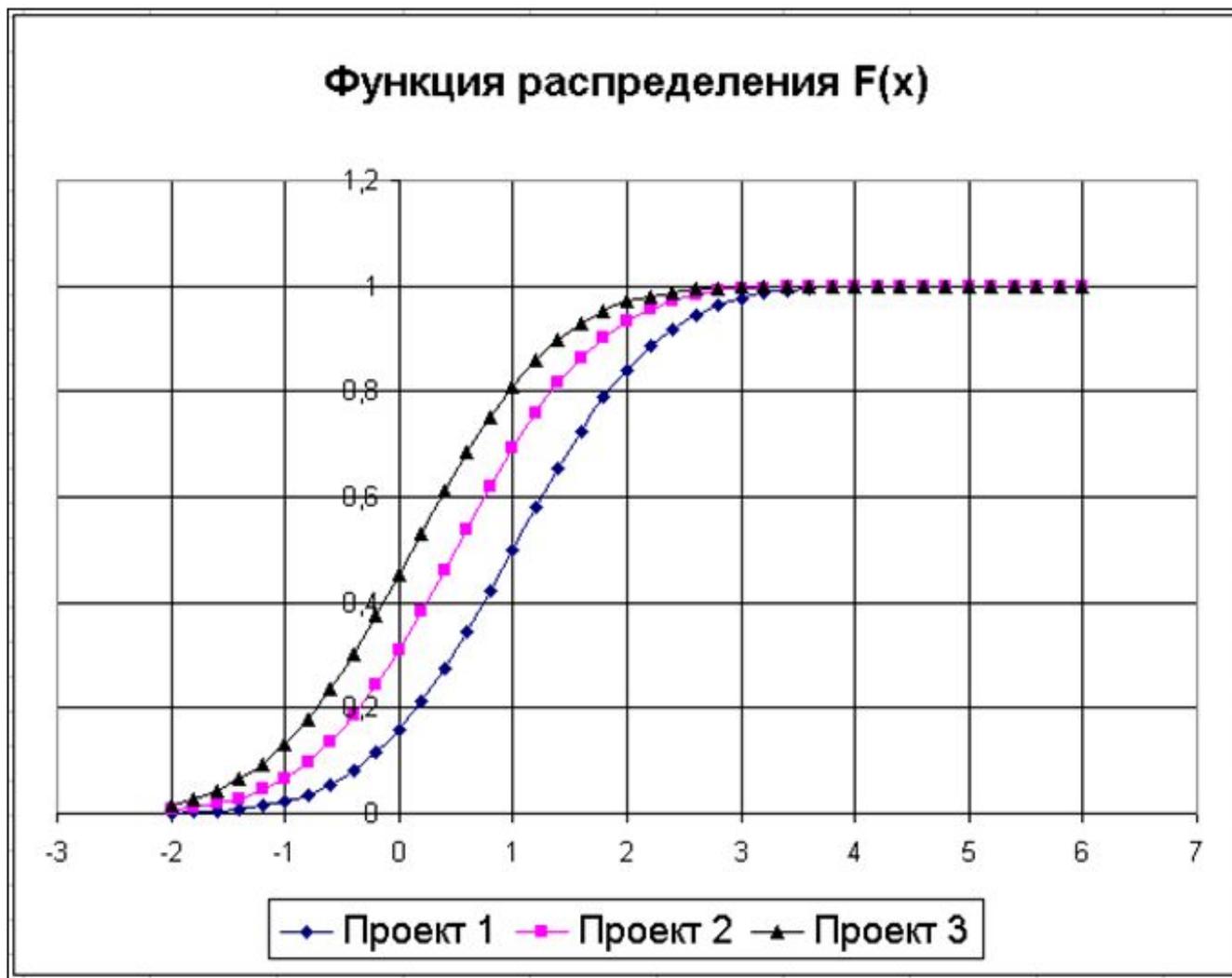


Рис. 1. Кривые вероятностного распределения NPV трех инвестиционных проектов. Ордината точки пересечения кривой с осью Oy дает **количественную оценку риска инвестиционного проекта**

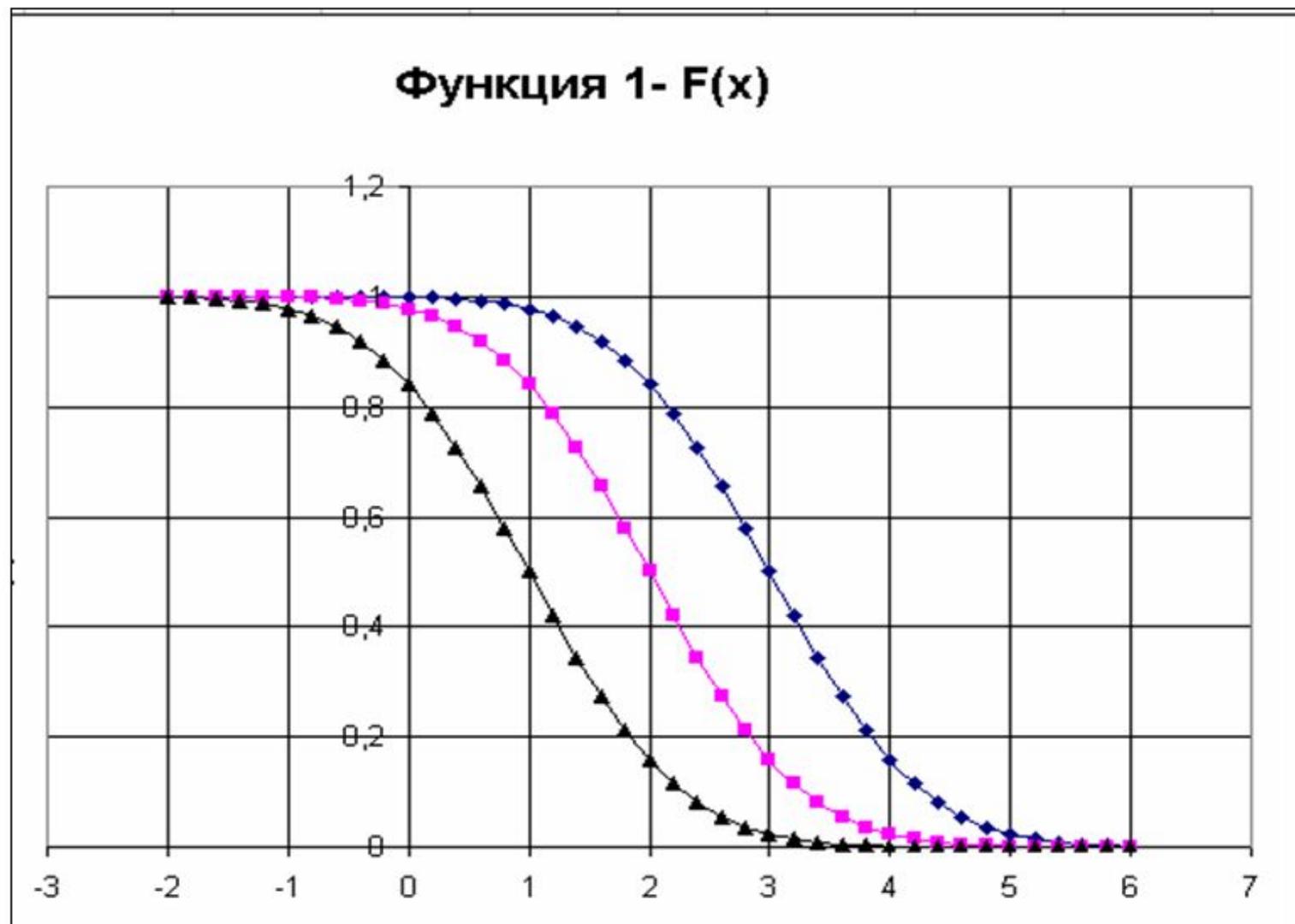


Рис. 2. Кривые $1 = F(x)$; их сравнение позволяет оценить **экономическую эффективность инвестиционных проектов**

После выбора теоретических распределений, с которыми можно согласовать экспериментальные данные, определяют *параметры распределения*, с последующей проверкой по *статистическим критериям*.

Оценивают выборочные *среднее* и *дисперсию*:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k M_i \cdot F_i}{n} \quad ,$$
$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k M_i^2 \cdot F_i - n \cdot (\bar{X})^2}{n - 1}$$

где \bar{X} - среднее, s^2 - дисперсия, n - объем выборки, $n = \sum_{i=1}^k F_i$; M_i - средняя точка i -го интервала или (для дискретных данных) – значение i -й группы; F_i - частота появления i -й группы.

Статистическую проверку гипотезы о виде распределения часто проводят по **критерию** χ^2 :

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e}$$

где f_0 - **наблюдаемая**, f_e - **ожидаемая** частота для каждой группы или интервала. Чем больше χ^2 , тем больше расхождение между наблюдаемыми и ожидаемыми значениями.

Часто используется также **критерий Колмогорова-Смирнова** - когда проверяемое распределение непрерывно и известны среднее и дисперсия совокупности.

Проверка соответствия между распределением совокупности **эмпирических данных** и некоторым **теоретическим распределением** проводится с помощью интегральной функции теоретического распределения, и ее сравнения с соответствующей **эмпирической функцией**.

1. ***Arena*** (***System Modelling Corporation***). Моделирование системы производится с помощью ***модулей***. В иерархии моделей может быть неограниченное число уровней.

Пакет обеспечивает двумерную ***анимацию*** и позволяет выводить на экран динамическую графику. Число потоков случайных чисел ***не ограничено***. Имеется доступ к 12 стандартным ***теоретическим распределениям вероятностей***, а также к ***эмпирическим распределениям***.

Предусмотрен простой способ выполнения ***независимых повторных прогонов***, а также построения точечных оценок и доверительных интервалов для показателей работы системы.

Пакет позволяет выполнять функционально-стоимостной анализ при использовании ***ABC-метода***; поддерживает ***VBA***, что позволяет проводить обмен данными с ***Excel***; возможен интерфейс ***Arena*** с графическим пакетом ***Visio***.

2. *Extend (Imagine)*. При построении модели используются *готовые блоки*. Предусмотрен доступ к 18 *стандартным теоретическим распределениям вероятностей*, а также к *эмпирическим распределениям*.

Реализуется простой способ выполнения независимых повторных прогонов, а также построения точечных оценок и доверительных интервалов для показателей работы системы.

Пакет позволяет выполнять функционально-стоимостной анализ при использовании *ABC-метода*. Стоимость *Extend* значительно *ниже*, чем у большинства пакетов ИМ.

3. Система моделирования *Pilgrim* [Емельянов и др.] основана на специальном аппарате формального манипулирования *узлами, транзактами, событиями* и *ресурсами*.

Моделирование производственных систем

Широкое применение ИМ производственных систем определяется *следующими факторами*:

➤ современные автоматизированные системы управления производственными процессами *очень сложны* и их, как правило, можно анализировать *лишь с помощью ИМ*;

➤ прогресс в области ИТ резко *снизил стоимость компьютерных расчетов*;

➤ *совершенствование программного обеспечения* (например, появление графических интерфейсов пользователя) *упростило процесс разработки моделей*.

Цели ИМ производственных систем:

- увеличение *производительности систем*;
- *сокращение времени пребывания* объектов *в системе*;
- *увеличение занятости станков* и обслуживающего персонала;
- обеспечение *своевременной и бесперебойной доставки товаров* потребителям;
- *снижение издержек* и *сокращение эксплуатационных расходов*;
- повышение вероятности достижения *нужного режима работы* предлагаемого варианта производственной системы.

1. Потребность в оборудовании и персонале:

- *количество, тип и расположение станков* для достижения *требуемой производительности*;
- *требования* к *погрузочно-разгрузочным устройствам*;
- *объем материально-производственных запасов*;
- оценка *влияния установки нового оборудования* (например, *роботов*) и т.д.

2. Оценка производительности:

- *анализ производительности* действующих и проектируемых систем;
- *анализ времени пребывания* обрабатываемых объектов в системе;
- *анализ недостатка ресурсов и потребностей в них.*

3. Оценка технологических операций:

- *производственное планирование* (например, установление последовательности прохождения деталями рабочих станций);
- *стратегии управления запасами деталей или сырья;*
- *анализ надежности* (например, влияние профилактического обслуживания);
- *политика контроля качества.*

К числу наиболее мощных пакетов моделирования ПС относятся системы *AutoMod*, *ProModel*, *Taylor Enterprise Dynamics*.

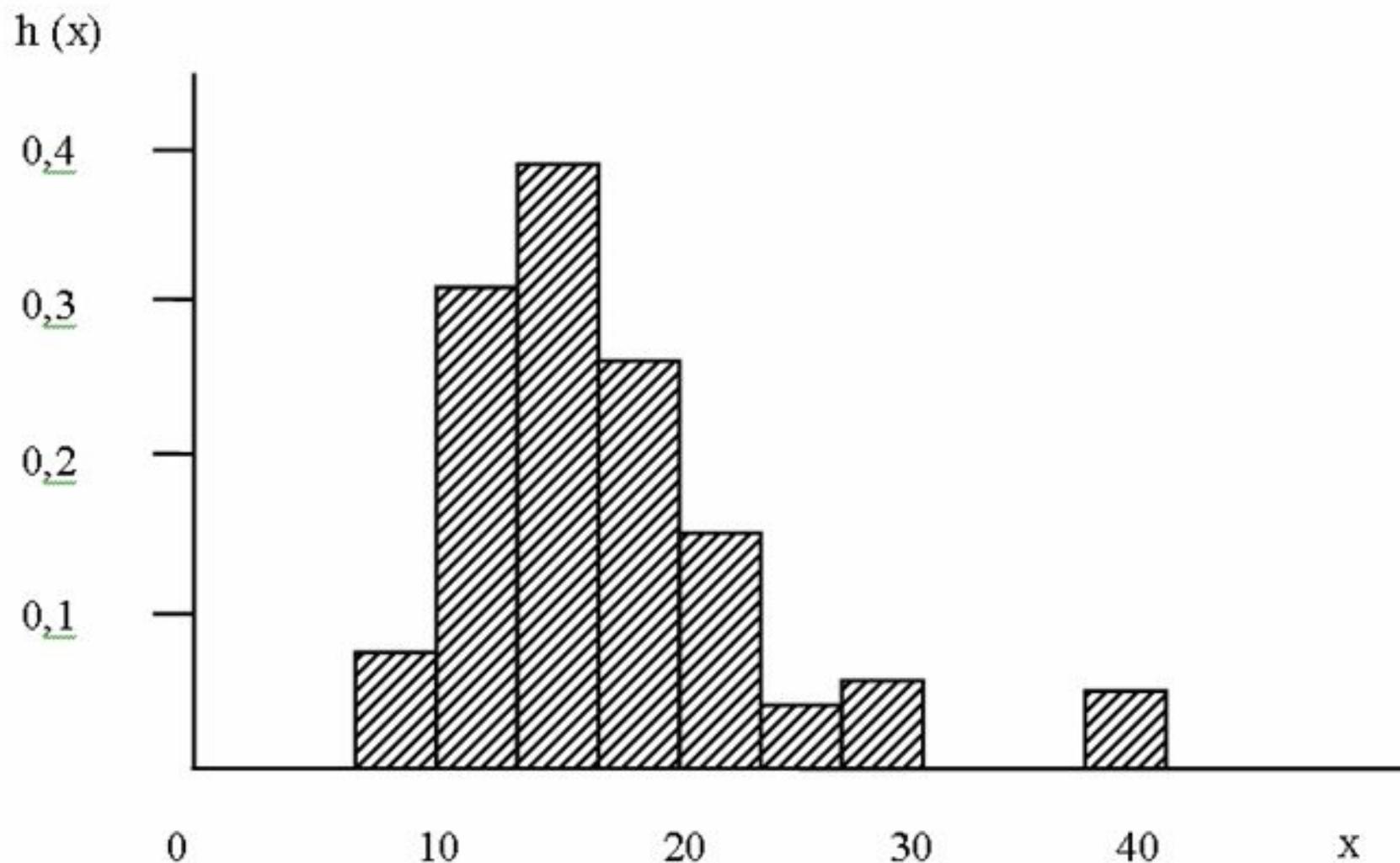
Они обладают средствами *двух-* и *трехмерной анимации* и *набором модулей погрузочно-разгрузочных систем*.

Предусмотрена также возможность *обращения к внешним подпрограммам*, написанным на универсальных языках. Используются *модели затрат* для *определения расходов* на содержание помещений, *ресурсов* и *объектов*, а также *модули оптимизации*.

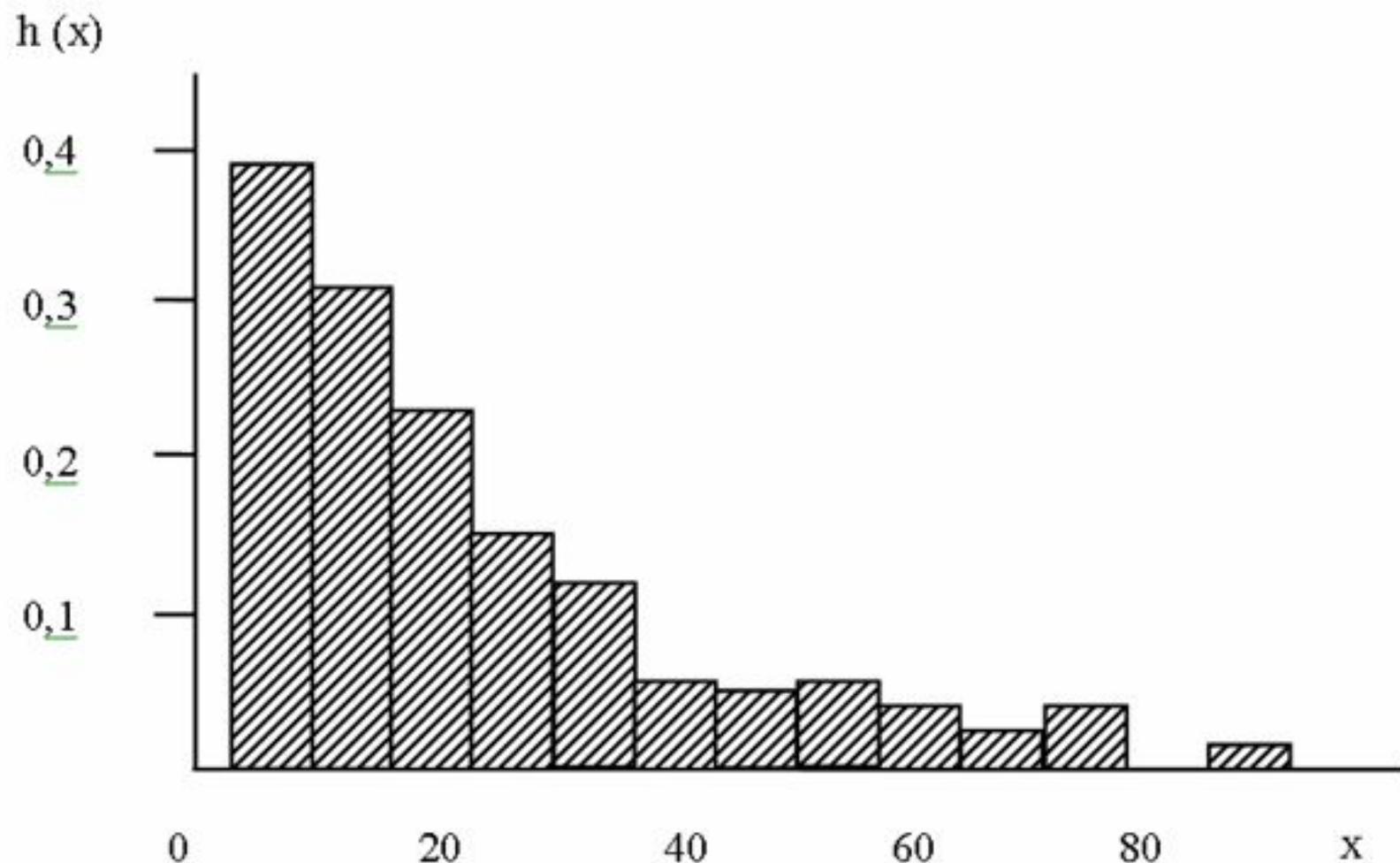
Моделирование случайных процессов в производственных системах

Примеры непрерывных случайных величин в моделях ПС:

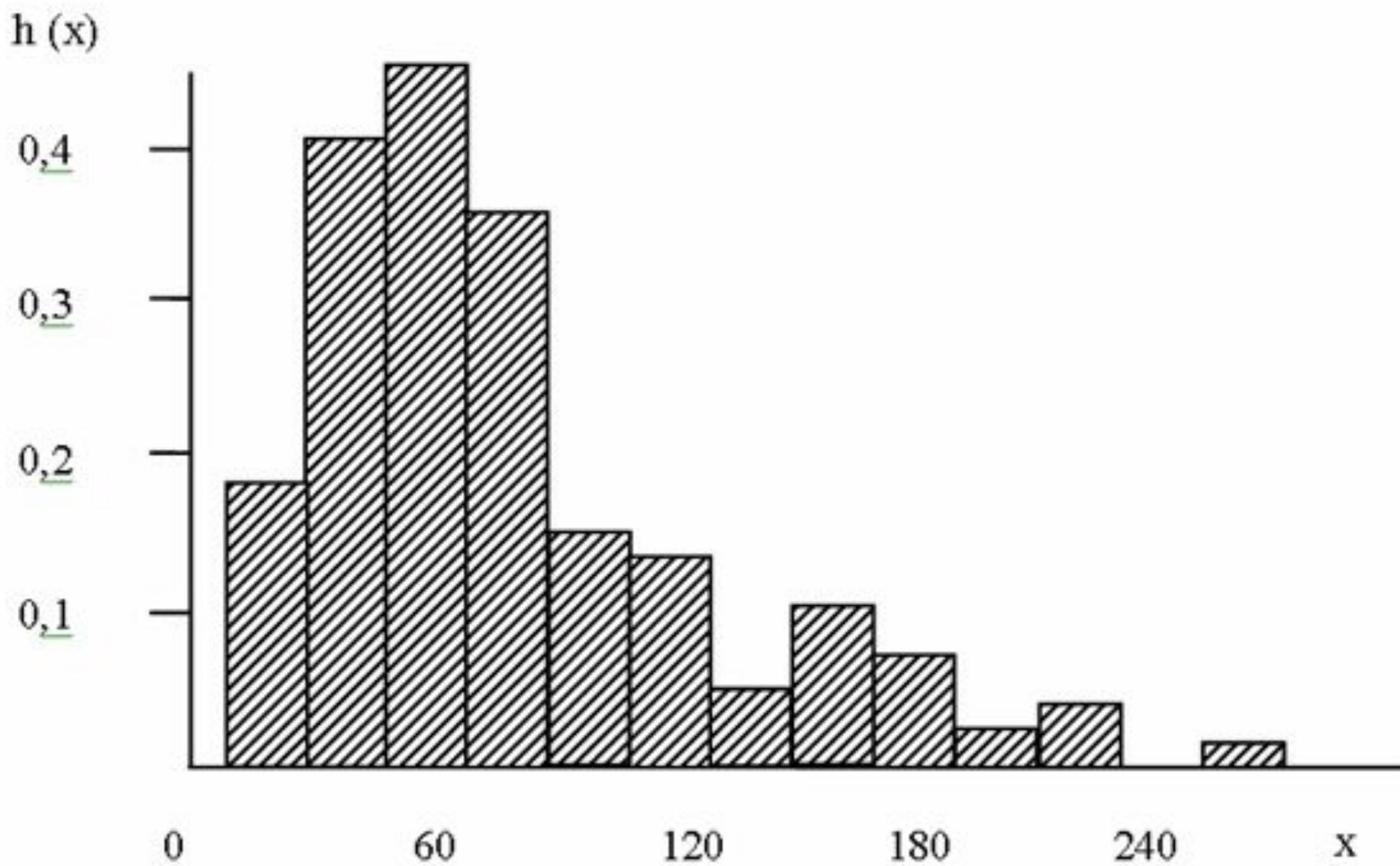
- *время поступления заказов, деталей или сырья;*
- *время обработки, сборки или проверки;*
- *время безотказной работы и ремонта оборудо-
вания;*
- *время погрузки и разгрузки;*
- *время переналадки оборудования для обработки
деталей другого типа.*



Гистограммы времени обработки деталей



Гистограмма времени безотказной работы



Гистограмма времени ремонта