

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра управления

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине
«Организационно-технологическое проектирование» для студентов
направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
всех форм обучения, профилей

Воронеж 2022

УДК 657 (075.8)
ББК 65.052.9(2)2я7

Составители:

д-р техн. наук, проф. С. А. Баркалов,
д-р техн. наук, проф. П. Н. Курочка

Определение организационно-технологических параметров статистическими методами: методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Организационно-технологическое проектирование» для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения, профилей / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: С. А. Баркалов, П. Н. Курочка. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. 23 с.

Приводится материал к практическим занятиям, связанный с моделированием организационно-технологических параметров при помощи методов статистического анализа. Представленные задания способствуют выработке навыков самостоятельной работы на основе структуризации изучаемого материала по разделам и темам.

Предназначены для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения, профилей.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ООТПСМ_08.03.01. pdf.

Ил. 7. Табл. 4. Библиогр.: 7 назв.

УДК 657 (075.8)
ББК 65.052.9(2)2я7

Рецензент – В. П. Морозов, д-р техн. наук, доц.
кафедры управления ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения дисциплины «Организационно-технологическое проектирование»:

- подготовка квалифицированных специалистов строительства, знающих теоретические основы организации и планирования строительного производства и умеющих их использовать в практической деятельности строительной фирмы;

- формирование знаний и навыков современного специалиста в области современных алгоритмов организационно-технологического проектирования.

Задачами дисциплины «Организационно-технологическое проектирование» являются:

- получение студентами знаний и навыков формирования организационно-технологических решений;

- освоение математических методов, используемых при моделировании задач организационно-технологического проектирования;

- формирование практических навыков и ознакомление с основными приёмами и методиками, необходимыми для эффективной организации и планирования строительного производства и их использование для получения обоснованной системы показателей, с помощью которых выявляются имеющиеся резервы роста эффективности производства и прогноз тенденций его развития.

Результатом освоения дисциплины является освоение следующих компетенций:

по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»:

ПК-1 - Способность участвовать в управлении строительными проектами;

ПК-2 - Владение навыками стратегического и оперативного планирование деятельности строительной организации и ее подразделений

ПК-6 - Владение навыками подготовки организационных и распорядительных документов, необходимых для управления деятельностью строительного предприятия

ПК-9 - Способность осуществлять деятельность по обеспечению производственных подразделений предприятия материально-техническими ресурсами и организации их рационального использования

Основными разделами изучаемой дисциплины «Организационно-технологическое проектирование» являются:

Тема № 1. «Организация проектно-изыскательских работ и предпроектная стадия в строительстве».

Тема № 2. «Модели строительного производства. Методы организации строительного производства. Сетевое моделирование».

Тема № 3. «Планирование производственной деятельности строительной организации».

Тема № 4. «Организационно-технологическое проектирование в строительстве».

Тема № 5. «Комплексная оценка организационно-технологических решений».

Тема №6. «Модели оценки состояния производственных систем».

Практические занятия и самостоятельная работа по курсу «Организационно-технологическое проектирование»

Практические занятия по данному курсу предполагают закрепление знаний, полученных на лекциях. Данные методические указания направлены на обеспечение выполнения практической работы по определению организационно-технологических параметров строительства при помощи статистических методов.

Необходимость привлечения статистических методов диктуется тем, что строительство представляет собой сложную, динамическую, систему изменение которой происходит по вероятностным законам. В этом случае повышение надежности принимаемых организационно-технологических решений лежит в области учета стохастической природы применяемых параметров. Именно на это и нацелено данное практическое занятие.

С другой стороны, материал методических указаний может быть использован и для организации самостоятельной работы студентов.

Место самостоятельной работы в курсе «Организационно-технологическое проектирование» заключается в том, что согласно учебному плану половина времени, отводимое на изучение предмета, должно приходиться на самостоятельную работу студентов вне стен учебного заведения. Таким образом, весь спектр занятий, предусмотренный учебным планом, студент должен осуществлять не только на занятиях согласно расписанию, но также и самостоятельно. Следовательно, прослушав лекцию, студент должен, придя домой, разобрать конспект лекции, почитать то, что на тему, рассмотренную на лекции, написано в рекомендованном учебнике и ответить на контрольные вопросы.

При подготовке к практическому или лабораторному занятию студент должен повторить лекционный материал, разобрать примеры, приведенные в методических указаниях и решить то, что было задано на практическом или лабораторном занятии.

Использование методических указаний предполагает, что студент изучил лекционный материал и, если у него возникли вопросы, то можно просмотреть рекомендации, содержащиеся в данных методических указаниях по конкретной теме. Методические указания ни в коем случае не должны заменять материал лекционных, практических и лабораторных занятий.

В данном случае совершенно справедливо утверждение о том, что если преподаватель привел своих студентов на берег реки знаний, то это не означает, что он сможет заставить их что-то из этой реки зачерпнуть. Необходима воля и труд, самих обучающихся. Таким образом, учеба является достаточно тяжелым и напряженным трудом, сопряженным со значительными затратами времени и ограничиться только посещением занятий совершенно недостаточно.

Тема практического занятия
«Определение организационно-технологических
параметров статистическими методами»

Цель работы: применение методов статистического исследования при вычислении параметров организационно-технологического проектирования.

Время проведения работы: 4 часа.

Теоретические основы

Случайная величина характеризуется законом распределения, математическим ожиданием, дисперсией. Как правило, статистические данные приведены в хаотическом порядке и их характеристики неизвестны. Основная задача заключается в том, чтобы по имеющемуся статистическому материалу сделать обоснованные выводы о изучаемом явлении, и здесь возникает вопрос о достаточности статистического материала для таких выводов.

Известно, что группа предметов или явлений, объединенных каким-либо общим признаком или свойством качественного или количественного характера, называется статистической совокупностью.

Различают понятия генеральной и выборочной совокупности.

Генеральная совокупность - это бесконечный набор значений изучаемой случайной величины, распределение признаков в котором совпадает с теоретическим распределением вероятностей.

Исследование всей генеральной совокупности невозможно, поэтому для исследований используют выборку, или выборочную совокупность. Выборочной совокупностью называется часть случайных величин генеральной совокупности, отобранных из последней для получения сведений о ней.

Чтобы правильно судить о генеральной совокупности, необходимо иметь репрезентативную выборочную совокупность. Это приводит к необходимости установления того, в какой степени характеристики, полученные по выборке, соответствуют характеристикам и взаимосвязям, свойственным генеральной совокупности.

Случайная величина характеризуется математическим ожиданием и дисперсией, законом распределения.

Математическое ожидание (среднее значение) случайной величины X , принимающей следующие значения $x_1, x_2, \dots, x_N$, определяется следующей формулой

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N x_i p_i \quad (1)$$

где N - объем статистического материала.

Дисперсия:

$$D_x = \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^2}{N} . \quad (2)$$

Как это видно из формулы, дисперсия имеет размерность квадрата изучаемой величины, на практике это порождает некоторые неудобства, поэтому вместо дисперсии чаще всего используют среднеквадратичное отклонение, которое определяется по формуле

$$\sigma_x = \sqrt{D_x} . \quad (3)$$

Среднеквадратичное отклонение (дисперсия) характеризует степень разбросанности данных относительно математического ожидания: чем выше дисперсия или среднеквадратичное отклонение, тем менее выражена тенденция в поведении изучаемой величины. Если это данные эксперимента, то тогда следует признать, что он проведен с низкой точностью, которая будет затруднять дальнейшие исследования.

Закон распределение случайной величины принято задавать в двух формах: интегральной и дифференциальной.

Интегральный закон распределения (интегральная функция распределения) - одна из форм выражения закона распределения. Она показывает вероятность того, что случайная величина X будет принимать значение не больше произвольно выбранного значения x , то есть

$$F(x) = P(X \leq x).$$

Функцию $F(x)$ часто называют просто функцией распределения случайной величины X . Эта функция может представлять собой и дифференцируемую функцию.

В случае дискретной случайной величины графиком функции распределения будет являться ступенчатая кривая, а в случае непрерывной - гладкая монотонно возрастающая кривая.

Дифференциальный закон распределения представляет собой плотность распределения функции распределения. Эта форма задания распределения вероятности характерна для непрерывных случайных величин. Плотность распределения обозначается обычно через $f(x)$ и связана с функцией распределения $F(x)$ следующей формулой: $F'(x) = f(x)$.

Знание закона распределения позволяет получить значение вероятности нахождения случайной величины в заданном диапазоне. Например, вероятность

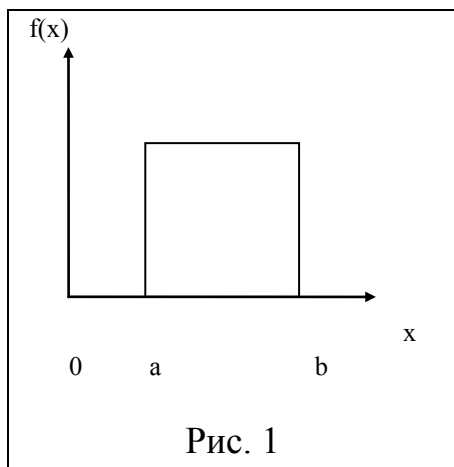
того, что случайная величина X будет принимать значения в интервале $[\alpha; \beta]$, определяется по формуле

$$P(\alpha \leq x \leq \beta) = F(\beta) - F(\alpha). \quad (4)$$

Существуют различные, хорошо исследованные виды законов распределения. Приведем наиболее часто встречающиеся.

Равномерное распределение (прямоугольное распределение) - распределение, в котором значения случайных величин имеют определенные границы, внутри которых все значения равновероятны, то есть плотность вероятности постоянна. Плотность вероятности и функция распределения задаются следующими соотношениями:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } -\infty < x < a, \\ \frac{1}{b-a} & \text{при } a \leq x \leq b, \\ 0 & \text{при } b < x < \infty, \end{cases} \quad F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } -\infty < x < a, \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{при } a \leq x \leq b, \\ 1 & \text{при } b < x < \infty. \end{cases} \quad (5)$$



Графически функция плотности распределения представлена на рис. 1.

Значения математического ожидания и дисперсии определяются следующими соотношениями:

$$\bar{x} = \frac{a+b}{2}, \quad D_x = \sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12}. \quad (6)$$

Равномерное распределение используется для генерации псевдослучайных чисел (в методе Моне - Карло) и при изучении ошибок округления результатов измерений.

Нормальное распределение (закон Гаусса - Лапласа) - наиболее часто используемое в прикладных задачах распределение. В этом случае плотность вероятности определяется по формуле

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}. \quad (7)$$

Вид нормального распределения при $\bar{x} = 0$ и $\sigma = 1$ представлен на рис. 2.

Нормальное распределение имеет место в тех случаях, когда на исследуемую величину действует множество случайных независимых или слабо зависимых факторов, каждый из которых играет в общем итоге относительно незначительную роль, то есть отсутствует доминирующий фактор. Значения интегральной функции нормального распределения табулированы.

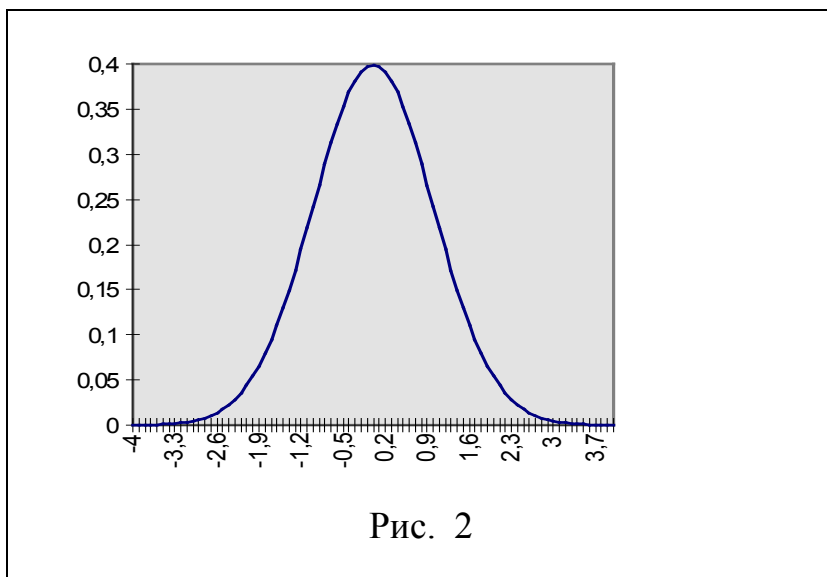


Рис. 2

Математическое ожидание и дисперсия вычисляются по общим формулам и определяют вид кривой распределения: математическое ожидание дает абсциссу максимума, а величина дисперсии характеризует «островерхость» кривой распределения (чем меньше дисперсия, тем острее кривая распределения).

Логарифмически нормальное распределение (логонормальное) - распределение случайной величины x , логарифм которой ($\ln x$) подчинен нормальному закону распределения.

Функция плотности логонормального распределения имеет вид:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_{\ln x} \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_{\ln x}} \right)^2}, \quad (8)$$

$$\overline{\ln x} = \frac{\sum_{i=1}^k (\ln x_i) \cdot m_i}{\sum_{i=1}^k m_i}, \quad \sigma_{\ln x} = \sqrt{(\ln x)^2 - (\overline{\ln x})^2}, \quad (\overline{\ln x})^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (\ln x_i)^2 \cdot m_i}{\sum_{i=1}^k m_i},$$

где m_i - частота попадания случайной величины в i -ый разряд; k - количество разрядов исследуемой статистической совокупности;

$\overline{\ln x}$ - среднее значение логарифма случайной величины (математическое ожидание логарифма случайной величины);

$\sigma_{\ln x}$ - среднее квадратичное отклонение логарифма случайной величины.

Основные статистические характеристики логонормального распределения характеризуются соотношениями:

математическое ожидание (среднее значение):

$$\bar{x} = e^{\overline{\ln x} + \frac{\sigma_{\ln x}^2}{2}}, \quad (9)$$

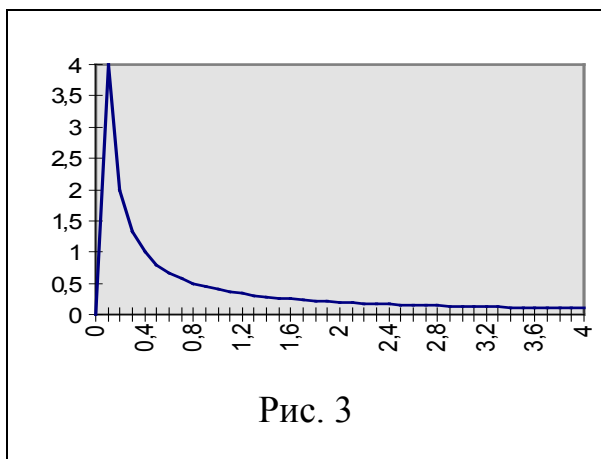


Рис. 3

дисперсия

$$D_x = \sigma_x^2 = \bar{x}^2 (e^{\sigma_{\ln x}^2} - 1) . \quad (10)$$

Графически логарифмически нормальное распределение асимметрично с правосторонней скошенности, что характерно для распределений величин, характеризующих экономические явления, например распределение доходов и заработной платы (следует заметить, что в экономике многие изучаемые процессы имеют асимметричное распределение с правосторонней скошенностью). Форма распределения при $\ln x = 0$ и $\sigma_{\ln x} = 1$ представлена на рис.3.

Распределение Пуассона - закон распределения вероятностей редко

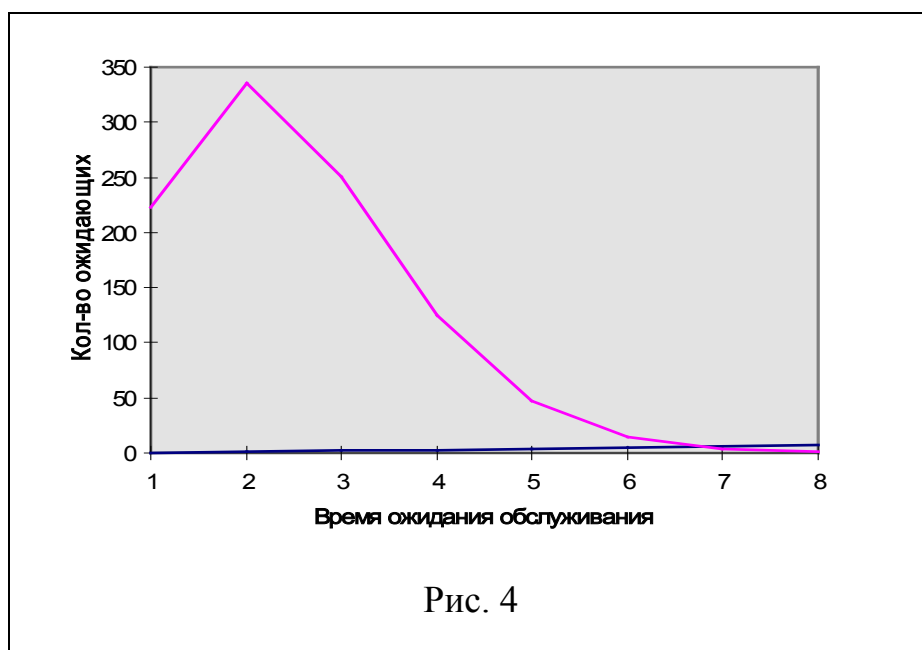


Рис. 4

встречающихся событий. Этот закон применяется в том случае, когда случайная величина принимает только целые значения, то есть закон справедлив для дискретной случайной величины. Вероятность того, что случайная величина x примет целое значение m ,

определяется формулой

$$P_m = \frac{a^m e^{-a}}{m!} , \quad (11)$$

где a - параметр распределения Пуассона; и представлен на рис. 4.

Математическое ожидание (среднее значение) и дисперсия определяются следующими соотношениями:

$$\bar{x} = a, \quad D_x = \sigma^2 = a. \quad (12)$$

Тот факт, что значение математического ожидания и дисперсии численно равны, используется для доказательства того, что случайная величина распределена по закону Пуассона.

По закону Пуассона распределены поток требований на обслуживание в ремонтных и снабженчески - сбытовых организациях, число дефектов при выполнении определенного объема работ.

Экспоненциальное (показательное) распределение - плотность вероятности задается выражением:

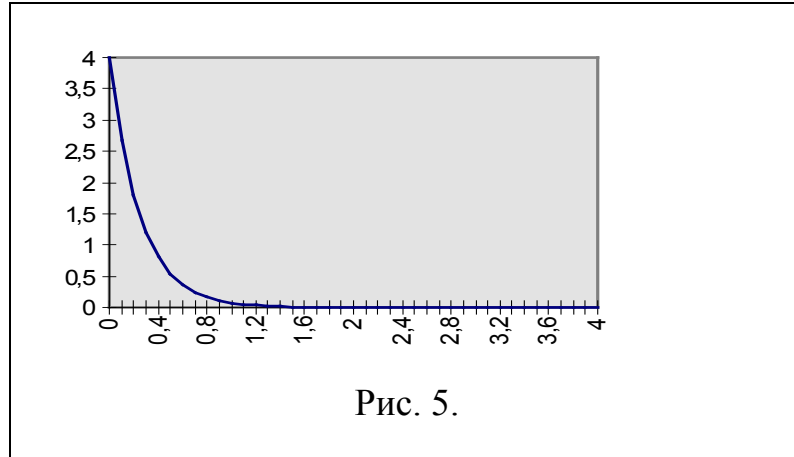


Рис. 5.

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & \text{при } x > 0, \\ 0 & \text{при } x < 0. \end{cases} \quad (13)$$

Вид функции распределения представлен на рис. 5.

Математическое ожидание и дисперсия определяются соотношением

$$\bar{x} = \frac{1}{\lambda}, \quad D_x = \sigma^2 = \frac{1}{\lambda^2}. \quad (14)$$

Данный закон распределения имеет место при исследовании простоев оборудования, продолжительности обслуживания, долговечности машин и механизмов и т.п.

Бета-распределение - имеет место в том случае, когда изменение случайной величины происходит на каком-то известном интервале и задается функцией

$$f(x) = \begin{cases} A(x-a)^p(b-x)^q & \text{при } a \leq x \leq b; \\ 0 & \text{при } x < a, x > b. \end{cases} \quad (15)$$

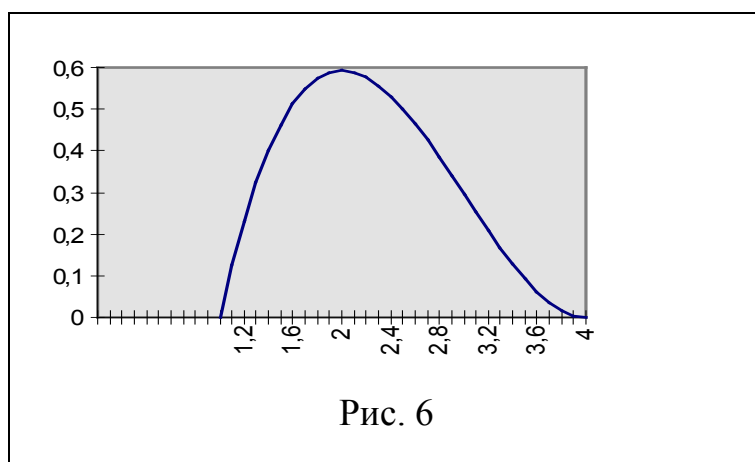


Рис. 6

Исследованиями показано, что в задачах управления строительным производством значения параметров распределения равны $p=1$ и $q=2$. В этом случае плотность распределения вероятности примет следующий вид (рис. 6)

$$f(x) = \frac{12}{(b-a)^4} \cdot (x-a) \cdot (b-x)^2, \quad (16)$$

а математическое ожидание и дисперсия определяются как

$$\bar{x} = \frac{3a + 2b}{5}, \quad D_x = \sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{25}. \quad (17)$$

Бета - распределение хорошо описывает случайные величины, ограниченные с двух сторон, например, размер суточного производства продукции, распределение времени, оставшегося до завершения работы и т. п.

Определение закона распределения по имеющимся статистическим данным является часто встречающейся задачей научно-практического исследования в области управления и организации строительного производства. При этом статистическая совокупность представляет собой неупорядоченную массу цифрового материала. С целью его изучения осуществляют следующие действия:

- располагают в порядке возрастания или убывания;
- находят размах выборки $x_{\max} - x_{\min}$;
- определяют число интервалов (разрядов) разбиения полученного диа-

пазона данных $k = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{h}$, где h - длина интервала, вычисляемая как $h = x_j - x_{j-1}$ в случае, если весь диапазон выборки разбивается на равные интервалы;

- составляют статистический ряд, то есть таблицу вида

Таблица 1

	$x_1; x_2$	$x_2; x_3$		$x_{N-1}; x_N$
Количество	m_1	m_2		m_k
Частота	p_1^*	p_2^*		p_k^*

где m_l - число значений случайной величины, попадающей в интервал l ($l=1,2,\dots,k$);

p_l^* - частота попадания случайной величины в l - ый интервал, определяемая по формуле $p_l^* = m_l/N$ и удовлетворяющая условию $\sum_{i=1}^N p_i^* = 1$;

k - число интервалов на которое разбит диапазон изменения случайной величины.

– строят гистограмму, откладывая на оси абсцисс значения интервалов и на них как на основании строят прямоугольники, высота которых определяется как p_i^* / h_i . Таким образом, площадь каждого элемента гистограммы численно равна вероятности появления случайной величины в данном диапазоне;

– анализируя вид гистограммы, подбирают конкретный теоретический закон распределения, который максимально точно описывал бы поведение изучаемой случайной величины.

Оценить степень соответствия статистических законов распределения, полученных из частичных выборок, теоретическим законам распределения, свойственным генеральным совокупностям, возможно с помощью критерия согласия Колмогорова или χ^2 - критерия (критерия Пирсона).

В качестве меры отклонения экспериментального закона распределения от теоретического в критерии Колмогорова принимается максимальное отклонение из всех найденных, то есть определяется величина

$$D_0 = \max |F(x) - F_n(x)|, \quad (18)$$

где D_0 - случайная величина, подчиненная распределению Колмогорова.

Характеризуется это распределение параметром λ , определяющимся по формуле

$$\lambda = D_0 \sqrt{N}. \quad (19)$$

Было доказано, что при достаточно больших N , вероятность того, что статистическое распределение попадет в интервал $F(x) \pm D_0$, будет определяться соотношением

$$P\left\{F(x) - \frac{\lambda}{\sqrt{N}} \leq F_n(x) \leq F(x) + \frac{\lambda}{\sqrt{N}}\right\} \approx K(\lambda), \quad (20)$$

где $K(\lambda)$ - значение вероятности из распределения Колмогорова. Определяется по таблице в приложении V;

N - объем статистического материала;

$F(x)$ - функция теоретического распределения;

$F_n(x)$ - функция распределения, полученная по статистическим данным.

Для оценки соответствия теоретического закона распределения статистическому с помощью критерия Колмогорова необходимо:

- построить статистический ряд по имеющимся данным;
- построить гистограмму статистического закона распределения и определить частоту попадания исследуемой случайной величины в каждый из разрядов статистического ряда и вероятность попадания случайной величины в каждый из разрядов;
- по таблицам или формулам выбранного теоретического закона распределения, найти вероятности попадания случайной величины в соответствующий разряд;
- определить $D_0 = \max|F(x) - F_0(x)|$;
- найти λ ;
- по таблице для найденного значения λ определить $K(\lambda)$, то есть вероятность того, что отклонения от теоретического закона распределения носят случайный характер;
- задаться уровнем значимости, обычно он принимается на уровне 5 %;
- сделать вывод о согласованности построенного по эмпирическим данным закона распределения соответствующему теоретическому закону распределения. Как правило, этот вывод делается на основе анализа полученной величины K , если K больше наперед заданного уровня значимости (как уже упоминалось, это обычно 5 % или 0,05), то принятый закон распределения согласуется с соответствующим теоретическим законом, если же выделить K меньше этого уровня, то принято считать, что расхождения между законами носят неслучайный характер и гипотеза должна быть отвергнута.

Критерий Колмогорова достаточно прост и нагляден, но для его применения требуется большой объем статистического материала и самое существенное - знание параметров теоретического закона распределения. Обычно же известен только общий вид функции распределения, а входящие в функцию распределения параметры определяются по статистическому материалу, поэтому применение этого критерия достаточно ограничено.

От этого недостатка свободен критерий - χ^2 (критерий Пирсона). В этом случае мерой расхождения между теоретическим и статистическим распределениями принимается величина

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - N \cdot p_i)^2}{N \cdot p_i}, \quad (21)$$

где k - число разрядов в статистическом ряде;

N - объем статистического материала;

m_i - число значений в i -ом разряде;

p_i - вероятность попадания случайной величины в i -ый разряд вычисленная по теоретическому закону распределения.

Распределение χ^2 зависит от параметра r , называемого числом степеней свободы, которое определяется по формуле: $r = k - j$, где j - число связей, наложенных на частоты $-p_i^*$. В качестве связей подразумеваются независимые условия, например,

$$\sum_{i=1}^k p_i^* = 1$$

(это условие присутствует практически всегда), если по результатам статистического распределения вычисляется математическое ожидание или дисперсия, то это означает наложение еще двух связей. Таким образом, чаще всего рассматриваемые статистические системы имеют три связи:

- первая связь описывается приведенным выше соотношением;
- вторая характеризуется математическим ожиданием;
- третья - дисперсией.

Вычислив по формуле меру расхождения, по табл. 1.4 находят вероятность того, что это расхождение объясняется чисто случайными факторами. Если эта вероятность мала, обычно принимают 5 % уровень значимости, то считается, что изучаемый экспериментальный закон распределения не соответствует рассматриваемому теоретическому, и, следовательно необходимо рассмотреть другие типы теоретических законов распределения.

В целях упрощения часто используют следующее правило оценки меры расхождения. Если для рассматриваемой выборочной совокупности выполняется соотношение

$$\frac{|\chi^2 - j|}{\sqrt{2j}} < 3, \quad (22)$$

то можно считать, что расхождение между теоретическим и экспериментальным законами распределения обусловлено случайными факторами.

Пример

В качестве статистических данных при определении вероятностной продолжительности работ целесообразно рассматривать вероятностный коэффициент продолжительности выполнения работ;

$$k_{ij} = \frac{t_{ij}^{\phi}}{t_{ij}^{\pi}},$$

где t_{ij}^{ϕ} - фактическое время выполнения работы ij ;

t_{ij}^{π} - нормативное время выполнения работы ij .

Нормативное время можно определить по формуле:

$$t_{ij}^{\pi} = \frac{\tau_{ij} W_{ij}}{nms},$$

где W_{ij} - объем работы ij ;

τ_{ij} - норма времени на выполнение единицы работы ij ;

n - необходимое количество рабочих;

m - продолжительность рабочей смены в часах;

s - количество смен в сутки.

Вероятностный коэффициент k_{ij} является величиной, обратной коэффициенту выполнения норм выработки. В этом случае случайная продолжительность выполнения работы определяется следующим образом:

$$t_{ij} = \frac{\tau_{ij} W_{ij}}{nmsk_n^*}$$

где k_n^* - коэффициент выполнения норм выработки на работах l -того вида.

Набор статистических данных, определяющий значение коэффициента k_l^* для бетонных работ, представлен 176 значениями. Для обработки данного статистического материала:

- определяем размах выборки по формуле $k_{l\max}^* - k_{l\min}^* = 1,93 - 0,79 = 1,14$;
- разобьем всю совокупность этой случайной величины на 9 интервалов (разрядов);
- подсчитаем количество значений случайной величины, попадающей в каждый интервал;
- подсчитаем вероятность попадания случайной величины в каждый интервал.

Данные расчетов сведем в таблицу

Таблица 2

интервал	[0,79; 0,92]	[0,93; 1,03]	[1,03; 1,16]	[1,16; 1,29]	[1,29; 1,41]	[1,41; 1,54]	[1,54; 1,67]	[1,67; 1,79]	[1,79; 1,93]
частота m_i	8	20	33	45	35	23	8	3	1
вероятность p_i	0,045	0,114	0,188	0,256	0,199	0,131	0,045	0,017	0,006

По этим данным строим гистограмму, которая имеет вид, приведенный на рис.7. Находим величину математического ожидания (среднее) (по формуле (1) и дисперсию (среднеквадратичное отклонение) - по формуле (2).

$$\bar{x} = \frac{0,79 + 0,92}{2} 0,045 + \frac{0,92 + 1,03}{2} 0,114 + \dots + \frac{1,79 + 1,93}{2} 0,006 = 1,24 ,$$

$$\sigma = \left(\frac{0,79 + 0,92}{2} - 1,24 \right)^2 0,045 + \dots + \left(\frac{1,79 + 1,93}{2} - 1,24 \right)^2 0,006 = 0,41.$$

Анализируя вид гистограммы, приходим к заключению, что наиболее подходящим видом функции распределения является нормальная функция. Проверим правомочность данной гипотезы, используя критерий Пирсона χ^2 .

С этой целью необходимо найти выражение χ^2 по формуле (22). Для этого необходимо вычислить значения теоретической вероятности попадания случайной величины в заданные диапазоны. Вычисление осуществляется с использованием формулы (4), преобразованной для случая нормального закона распределения

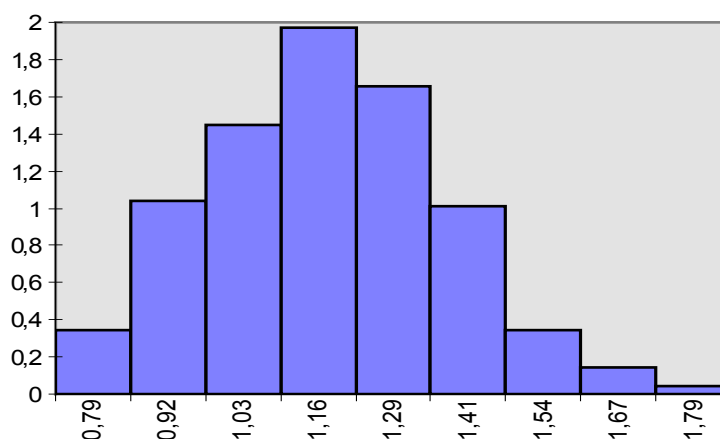


Рис. 7.

$$P(\alpha \leq x \leq \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - \bar{x}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - \bar{x}}{\sigma}\right)$$

где $\Phi(x)$ - значение интегральной функции нормального распределения. Данные сведем в таблицу

Таблица 3

теоретич вероятн.	8,739	15,32	34,68	44,31	35,56	23,054	9,143	2,349	0,511
отклонение	0,062	1,432	0,081	0,011	0,009	0,0001	0,143	0,181	0,468

По результатам этой таблицы (сумма второй строки) находим параметр $\chi^2=2,39$. Для дальнейших расчетов определяем число степеней свободы. На систему наложены следующие связи:

- соотношение вида $\sum_{i=1}^k p_i^* = 1$;
- математическое ожидание;
- дисперсия.

Таким образом, число степеней свободы $j = 6$, то есть число разрядов (интервалов) - 9, число связей - 3.

Тогда расчет по формуле (23) приведет к следующему соотношению:

$$\frac{|\chi^2 - j|}{\sqrt{2j}} = \frac{|2,39 - 6|}{\sqrt{12}} \approx 1,04 < 3.$$

Так как выполняется условие (23), то расхождения можно считать несущественными, случайными и, следовательно, коэффициент норм выработки распределен по нормальному закону.

Задание

Статистические данные о изменении случайной величины коэффициента выполнения норм выработки на бетонных работах приведенных в табл. 4 для каждого варианта. Необходимо:

- определить размах выборки;
- разделить всю совокупность на 10 разрядов;
- построить статистический ряд;
- по данным статистического ряда найти среднее значение (математическое ожидание), дисперсию и среднеквадратичное отклонение;
- построить гистограмму;
- задаться теоретическим законом распределения случайной величины;
- определить по критерию Пирсона правомочность принятой гипотезы;
- определить наиболее вероятное значение коэффициента выполнения норм выработки на бетонных работах при заданном статистическом материале.

Таблица 4

Номера вариантов														
№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№ 10	№ 11	№ 12	№ 13	№ 14	№ 15
78	79	77	78	80	78	79	81	77	76	75	78	77	80	81
79	80	78	79	81	79	80	82	78	77	77	79	78	81	82
80	81	79	80	82	80	81	83	79	78	78	80	79	82	83
81	82	80	81	83	81	82	84	80	79	79	81	80	83	84
83	83	81	83	83	82	83	85	81	80	80	82	81	83	84
85	84	82	83	84	82	83	86	82	81	81	82	81	83	85
87	86	84	85	86	84	85	88	84	83	82	83	82	84	86
89	88	86	87	87	85	87	89	86	85	85	84	85	86	87
91	90	89	89	88	88	88	91	89	87	88	87	86	88	89
93	92	91	92	90	91	90	93	91	89	90	89	89	90	91
95	94	93	94	92	93	91	94	91	91	90	91	92	91	93
97	95	94	96	93	94	93	95	93	92	91	92	93	92	95
98	95	95	96	94	94	94	95	94	93	91	93	93	93	95
99	96	96	97	95	95	95	96	95	94	91	94	94	94	96
100	97	96	98	96	96	95	97	96	95	92	95	95	95	97
101	98	97	98	97	97	96	98	97	96	93	96	96	96	98
101	98	97	98	98	98	97	98	98	97	94	96	97	96	98
101	99	98	99	98	99	98	99	99	98	95	97	98	97	99
102	100	99	100	99	99	98	99	100	99	96	98	99	98	100
102	101	100	100	100	100	99	100	100	100	97	98	100	99	100
102	101	100	101	101	100	100	101	101	100	98	99	100	99	101
103	102	101	101	102	101	101	101	102	101	99	100	101	100	101
103	102	101	102	102	101	101	101	102	102	100	100	101	100	101
103	102	101	102	102	102	102	102	103	103	101	101	102	101	102
103	103	102	103	103	103	102	102	103	103	102	102	102	101	102
104	103	102	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	102	103
104	103	103	103	104	104	103	103	103	103	103	103	103	102	103
104	103	103	103	104	104	103	103	103	103	103	103	103	102	103
105	104	104	104	105	105	104	104	104	104	104	104	104	103	104
105	104	104	104	105	105	104	104	104	104	104	104	104	103	104
105	105	105	105	106	106	105	105	105	105	105	105	105	104	105
105	105	105	105	106	106	105	105	105	105	105	105	105	105	105
106	106	106	105	106	106	106	106	106	106	105	105	106	106	106
106	106	106	105	106	106	106	106	106	106	105	105	106	106	106
106	106	106	105	106	106	107	106	107	107	106	105	106	107	107
107	107	106	105	107	107	107	106	107	108	106	106	106	107	107

107	108	107	106	107	108	107	106	107	108	107	107	106	107	107
107	108	107	106	107	108	107	106	108	108	107	107	107	108	108
107	108	107	107	108	108	108	107	108	108	108	108	108	108	108
107	108	107	107	108	108	108	107	108	109	108	108	108	108	108
108	108	108	108	109	108	108	108	109	109	108	108	108	108	109
108	108	108	108	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109
108	109	108	108	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109
108	109	109	109	111	111	109	109	110	110	109	109	110	110	109
109	109	110	109	111	111	110	109	110	111	110	110	110	110	109
109	110	110	109	111	111	111	110	110	111	110	110	110	110	110
110	110	110	110	111	111	111	110	111	112	110	111	110	111	110
110	110	110	110	112	111	111	110	112	112	110	111	110	111	110
110	111	111	110	112	112	112	111	112	113	111	112	111	111	111
111	111	111	111	112	112	112	111	112	113	112	112	111	111	111
111	111	111	111	112	112	112	112	112	113	112	112	112	112	112
111	112	111	111	112	113	112	112	113	113	112	113	112	112	112
112	112	112	112	112	113	113	112	113	113	112	113	112	112	112
112	112	112	112	112	113	113	112	113	113	112	113	112	113	113
112	113	112	112	113	114	114	113	114	114	113	114	113	114	113
113	113	113	113	113	114	114	113	114	114	113	114	113	114	113
113	113	113	113	113	114	114	114	114	114	113	114	113	114	113
114	113	113	113	114	115	115	115	115	114	113	114	114	115	114
114	114	114	114	114	115	115	115	115	114	113	115	114	115	114
115	114	115	114	115	115	116	115	115	115	115	115	115	115	115
115	115	115	115	115	115	116	116	116	115	115	115	115	115	115
117	116	116	115	115	116	116	117	116	116	116	116	117	117	116
117	117	117	115	116	117	117	117	116	116	116	116	117	117	116
118	118	121	117	119	119	120	119	118	117	117	118	119	118	117
119	118	121	119	119	119	120	119	119	119	118	119	120	119	118
120	120	121	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
120	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
122	122	121	122	122	122	122	122	122	123	122	123	123	123	123
122	122	122	122	122	122	122	123	123	123	123	123	123	123	123
123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123
124	124	124	123	123	124	124	123	124	124	124	124	125	125	123
124	125	125	124	124	125	124	124	124	124	124	124	125	125	124
125	125	125	124	125	125	125	124	125	125	125	125	125	125	125
126	126	125	125	125	125	125	125	126	126	126	126	126	126	126

126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
127	126	126	127	127	126	127	126	127	126	127	126	127	126	127
128	127	126	127	127	127	127	127	128	127	128	127	128	127	128
128	128	127	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
129	128	128	129	129	129	128	128	128	128	129	129	128	129	129
129	129	128	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129
130	129	129	129	129	129	129	129	129	129	130	130	130	130	130
130	130	129	130	130	130	130	130	129	130	130	130	130	130	130
131	130	130	131	130	130	130	131	130	130	131	131	131	131	131
131	131	130	131	131	131	131	132	131	131	132	132	131	131	132
131	131	130	131	131	131	131	132	132	131	132	132	132	132	132
132	131	131	132	132	132	132	132	132	132	132	133	132	133	133
133	132	132	133	133	133	132	132	133	133	133	133	133	133	133
133	132	132	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133
134	133	132	134	134	134	133	133	133	134	134	134	134	134	134
135	134	133	135	135	135	134	134	134	135	135	135	135	135	135
136	135	134	136	135	135	135	135	135	135	136	136	136	136	136
137	136	135	137	136	136	136	136	136	136	137	137	137	137	137
138	137	136	137	136	137	137	137	137	137	138	138	138	138	138
139	138	137	137	137	138	137	138	138	137	138	139	139	138	139
140	139	138	139	137	138	139	140	139	139	140	140	140	139	140
141	141	140	140	139	140	140	141	140	141	141	141	141	141	141
142	142	141	141	141	141	141	142	142	142	142	142	142	142	142
143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
145	144	144	144	145	144	145	144	145	144	145	145	144	144	150

Контрольные вопросы

1. Каковы характеристики случайных величин?
2. Как определить вероятность попадания случайной величины в заданный интервал?
3. Какие наиболее известные законы распределения вы знаете?
4. Особенности применения нормального закона распределения.
5. Логонормальное распределение случайной величины.
6. Где используется экспоненциальное распределение?
7. Для чего может быть использовано бета - распределение.
8. Где может использоваться распределение Пуассона?
9. Построение гистограммы. Чему численно равна площадь гистограммы?
10. Для каких целей используются критерии согласия?
11. Что такое статистический ряд?
12. Как определить число степеней свободы?
13. Принцип использования критериев согласия.
14. Почему критерий Колмогорова имеет ограниченное применение?

Заключение

Методические указания к проведению практических занятий и самостоятельной работе по дисциплине «Организационно-технологическое проектирование» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 – «Строительство» всех форм обучения, профилей и специализаций содержат краткий обзор основных понятий по теме «Планирование производственной деятельности строительной организации». Подчеркивается, что строительство – это стохастическая динамическая система, для исследования которой необходимо применять статистические методы исследования. В данных методических указаниях описывается, как по имеющемуся статистическому материалу сделать обоснованные выводы об изучаемом явлении. Естественно, закономерно возникает вопрос о достаточности статистического материала для таких выводов. По теме приводится краткий теоретический материал, пример определения на основе статистического материала вероятностного коэффициента перевыполнения норм выработки, даются данные для самостоятельного решения и приводятся вопросы для самоконтроля. Всем интересующимся более глубоким изучением предмета может быть рекомендовано обращение к литературе, приведенной в конце методических указаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курочка П. Н. Моделирование задач организационно-технологического проектирования строительного производства. Воронеж: ВГАСУ, 2004. – 204 с.
2. Баркалов С. А., Курочка П. Н. и др. Основы научных исследований по организации и управлению строительным производством. В 2-х частях. Воронеж: ВГАСУ, 2002. – 422 с.; 285 с.
3. Баркалов С. А., Курочка П. Н., Федорова И. В. Исследование операций в экономике. Лабораторный практикум. ВГАСУ, 2006. – 343 с.
4. Баркалов С. А. и др. Основы научных исследований по управлению строительным производством. Воронеж: ВГАСУ, 2011. – 188 с.
5. Рыжевская, М. П. Организация строительного производства [Электронный ресурс] : учебник / М. П. Рыжевская. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2016. — 308 с. — 978-985-503-611-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67685.html>
6. Михайлов, А. Ю. Организация строительства. Календарное и сетевое планирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Ю. Михайлов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2016. — 296 с. — 978-5-9729-0134-0. — Режим до-ступа: <http://www.iprbookshop.ru/51728.html>
7. Михайлов, А. Ю. Организация строительства. Стройгенплан [Электронный ресурс] / А. Ю. Михайлов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2016. — 172 с. — 978-5-9729-0113-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/51729.html>

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Практические занятия и самостоятельная работа по курсу «Организационно-технологическое проектирование».....	4
Тема практического занятия: «Определение организационно- технологических параметров статистическими методами».....	5
Теоретические основы.....	5
Пример.....	15
Задание.....	17
Контрольные вопросы.....	20
Заключение.....	21
Библиографический список.....	22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине
«Организационно-технологическое проектирование» для студентов
направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
всех форм обучения, профилей

Составители:

Баркалов Сергей Алексеевич

Курочка Павел Николаевич

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 17.01.2022.

Уч.-изд. л. 1,4.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84