

В.И. НИКИТИН

Первичная статистическая обработка экспериментальных данных

**Методические указания по выполнению контрольной работы
для студентов заочной и очно-заочной формы обучения**

**Самара
Самарский государственный технический университет
2017**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин»

В.И. НИКИТИН

Первичная статистическая обработка экспериментальных данных

*Методические указания по выполнению контрольной работы
для студентов заочной и очно-заочной формы обучения*

Самара
Самарский государственный технический университет
2017

Печатается по решению ученого совета СамГТУ, (протокол №9 от 31.03.2017)
Печатается в авторской редакции

УДК 622.24 (07)

ББК 33.131я73

Никитин В.И.

Первичная статистическая обработка экспериментальных данных: мет. кк. по вып. к.р. / *В.И. Никитин*. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017- 80 с.

Специалисты нефтегазовой отрасли постоянно имеют дело с большими потоками информационных данных, будь это экспериментально определяемые параметры технических процессов или промысловые данные, такие как отчеты о бурении нефтяных скважин. В связи с избыточностью информационных потоков возникает необходимость их обработки и подведения статистики.

Данные методические указания включают в себя основные приёмы статистической обработки данных, необходимые и достаточные для того чтобы оценить состоятельность эксперимента и тенденцию распределения исследуемого признака совокупности. На основании статистики можно сделать вывод о генеральной совокупности данных и с той или иной вероятностью приблизиться к значению реальной, физической величины.

Предназначено для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело», «Бурение нефтяных и газовых скважин».

Рецензенты: канд. техн. наук О.А. Нечаева, канд. техн. наук Чернышев С.В.

УДК 622.24 (07)

ББК 33.131я73

© В.И. Никитин, 2017

© Самарский государственный
технический университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Источником опытной основы инженерной и научной деятельности служит *наблюдение (эксперимент)*, которое в широком смысле этого слова можно разделить на два основных типа. Первый тип - это сведения о поведении какой-либо совокупности большого числа однородных объектов, а второй - информация о свойстве отдельного объекта в течение продолжительного промежутка времени. В статистике для описания любого множества объектов используется понятие *совокупности*. При этом *генеральной совокупностью* называют множество объектов, из которых проводится отбор в процессе конкретизации наблюдений. Отобранные для наблюдений объекты представляют собой *выборочную совокупность*, или *выборку*, а число этих объектов называют ее *объемом*. Проблема любого наблюдения и эксперимента заключается в том, что значение какой-либо характеристики явления или процесса абсолютно точно определить невозможно. В результате многократных измерений физической величины получится множество значений, имеющих большее или меньшее рассеяние относительно среднего значения. Это связано с грубыми ошибками измерений, методическими ошибками и случайными ошибками. Грубые ошибки выявляются достаточно легко и устраняются, методические ошибки выявляются в процессе отладки методики эксперимента и измерений и либо устраняются, либо учитываются. Случайные ошибки устранить невозможно, но можно их минимизировать в процессе проведения эксперимента, а также уменьшить их пагубное влияние на общую тенденцию распределения выборочных данных.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1. Вариационные ряды

Последовательность n значений x_1, x_2, \dots, x_n полученных в результате наблюдения (эксперимента) некоторого процесса, мы будем рассматривать как совокупность значений распределенных независимых случайных величин представляющих собой n экземпляров одного и того же признака X .

По этой выборке можно оценить основные числовые характеристики генеральной совокупности. Различные элементы выборки x_i , называются *вариантами*.

Число n_i , показывающее, сколько раз встречается варианта x_i в выборочной совокупности, называется ее частотой (эмпирической частотой). Частоты вариант называются их *весами*. Отношение

$$h_i = \frac{n_i}{n} \quad (1.1)$$

относительной частотой (частотью) варианты x_i

Вариационным рядом (или статистическим распределением) называется упорядоченный в порядке возрастания или убывания ряд вариант с соответствующими им весами.

Различают дискретные и непрерывные вариационные ряды. Дискретный вариационный ряд записывают в виде табл. 1.1.

Очевидно, что $\sum_{i=1}^k n_i = n$.

Таблица 1.1.

Общий вид дискретного вариационного ряда

Варианты, x_i	x_1	x_2	...	x_k
Частоты, n_i	n_1	n_2	...	n_k

Если объем n выборки большой ($n > 30$), то результаты наблюдений сводят в интервальный вариационный ряд, который формируется следующим образом.

Вычисляют размах варьирования R признака X , как разность между наибольшим x_{\max} и наименьшим x_{\min} значениями признака:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (1.2)$$

Размах R варьирования признака X делится на k равных частей и таким образом определяется число столбцов (интервалов) в таблице. Число k частичных интервалов выбирают, пользуясь одним из следующих правил:

1) $k \approx \sqrt{n}$;

2) $k \approx 1 + 3.221 \cdot \ln(n)$ - формула Стерджеса.

Данные формулы дают приблизительно одинаковый результат, знак « \approx » используется, т.к. следует число интервалов k округлить до ближайшего целого значения. Длина Δ каждого частичного интервала определяется по формуле:

$$\Delta = \frac{R}{k}. \quad (1.3)$$

Величину Δ обычно округляют до некоторого значения d . Например, если результаты x_i признака X — целые числа, то Δ округляют до целого значения, если x_i содержат десятичные знаки, то Δ округляют до значения d , содержащего такое же число десятичных знаков. Затем подсчитывается частота n_i , с которой попадают значения x_i признака X в i -й интервал. Значение x_i , которое попадает на границу интервала, относят к какому-либо определенному концу, например, к левому. За начало x_0 первого интервала рекомендуется брать величину $x_0 = x_{\min}$, конец вариационного ряда $x_k = x_{\max}$. Также, для работы с интервальным вариационным рядом, в более простом виде, можно осуществить переход к дискретной записи, используя вместо интервалов $(x_{i-1}; x_i)$, их середины x_i^* .

Сформированный интервальный вариационный ряд записывают в виде

Общий вид интервального вариационного ряда, с возможностью перехода к дискретному виду

Интервалы- варианты $(x_{i-1}; x_i)$	$(x_0; x_1)$	$(x_1; x_2)$...	$(x_{k-1}; x_k)$
Частоты n_i	n_1	n_2	...	n_k
Середины интервалов $(x_{i-1}; x_i)$	x_1^*	x_2^*	...	x_n^*
Относительные частоты $h_i = n_i/n$	h_1	h_2	...	h_n

Иногда данные для обработки поступают уже в интервальной группировке или представляется невозможным использовать одинаковые интервалы (например, в экономике).

Примечание. Допустимо расширение границ вариационного ряда в пределах $x_0 = x_{\min} - 0,5\Delta$, $x_k = x_{\max} + 0,5\Delta$, при этом значительной ошибки вычислений не последует. Поэтому в зависимости от задачи следует самостоятельно выбирать границы интервалов. Более того, используя формулы указанные выше, в ряде задач может возникнуть проблема выхода за физические значения исследуемых параметров, что будет противоречить здравому смыслу задачи. К примеру, скорость проходки (расстояние, плотность) не может быть отрицательной.

2. Распределение вероятностей случайной величины. Графические представления анализа выборки

Гистограммой называется ступенчатая фигура, для построения которой по оси абсцисс откладывают отрезки, изображающие частичные интервалы $(x_{i-1}; x_i)$ варьирования признака X , и на этих отрезках, как на основаниях, строят прямоугольники с высотами, равными частотам или относительным частотам соответствующих интервалов. При увеличении до бесконечности размера выборки

выборочные функции распределения превращаются в теоретические: гистограмма превращается в график плотности распределения.

Графически вариационный ряд также изображают в виде полигона частот (в виде полигона относительных частот) следующим образом. Сначала на числовой плоскости строят точки (x_i, n_i) (точки (x_i, h_i)), где x_i — i -я варианта. Затем строят ломаную, соединяющую построенные точки, которую и называют *полигоном*.

Вариационные ряды графически можно изобразить в виде *кумулятивной кривой* (кривой сумм — *кумуляты*). При построении кумуляты дискретного вариационного ряда на оси абсцисс откладывают варианты x_i , а по оси ординат соответствующие им *накопленные частоты* W_i . соединяя точки (x_i, W_i) отрезками, получаем ломаную, которую называют *кумулятой*. Для получения накопленных частот и дальнейшего построения точек (x_i, W_i) составляется расчетная табл. 2.1. Накопленные частоты вычисляются для каждого интервала по правилу:

$$W_i = W_{i-1} + h_i. \quad (2.1)$$

При построении кумуляты интервального вариационного ряда левому концу первого интервала сопоставляется частота, равная нулю, а правому — частота этого интервала. Правому концу второго интервала соответствует накопленная частота первых двух интервалов, то есть сумма частот этих интервалов и т. д. Правая граница последнего интервала равна сумме всех частот, то есть объему n выборки. Для характеристики свойств статистического распределения в математической статистике вводится понятие *эмпирической функции распределения*.

Расчетная таблица для построения кумулятивной кривой и эмпирической функции распределения.

Варианты, x_i	x_1	x_2	...	x_k
Относительные частоты h_i	$h_1 = n_1/n$	$h_2 = n_2/n$...	$h_k = n_k/n$
Накопленные относительные частоты $W_i = W_{i-1} + h_i$	$W_1 = h_1$	$W_2 = W_1 + h_2$...	$W_k = W_{k-1} + h_k$

$F(x)$ - называется *функцией распределения* дискретной случайной величины. Если случайная величина X принимает конечное число дискретных значений (например, число очков на гранях игральной кости), то функция распределения вероятностей этой случайной величины представляет собой ступенчатую функцию. График следует понимать так: вероятность того, что случайная величина X примет значение x_1 равна P_1 ; вероятность того, что случайная величина X примет значение x_2 равна P_2 ; вероятность того, что случайная величина X примет значение x_1 или x_2 равна $P_1 + P_2$ и т.д. Вероятность того, что случайная величина X примет любое значение x_1, x_2, \dots, x_n равна 1, это достоверное событие.

Эмпирическую функцию распределения $F_n(x)$ получают построением ступенчатой кривой относительных накопленных частот: $F_n(x)$ имеет скачки в точках соответствующих серединам интервалов.

ПРИМЕР 1. (Построение гистограммы, полигона, кумуляты)

Найти эмпирическую функцию распределения значений механической скорости бурения, представленной в виде интервального вариационного ряда.

Таблица 2.2

Исходный интервальный ряд

Скорость проходки, м/ч	0.65 – 0.69	0.69 – 0.73	0.73 – 0.77	0.77 – 0.81	0.81 – 0.85
Частоты n_i	4	19	32	15	10

Примите количество интервалов $K=5$. Постройте гистограмму, полигон и кумуляту.

Решение

Дополним имеющуюся таблицу сушенинами интервалов, относительными частотами согласно формуле (1.1) и накопленными относительными частотами, согласно формуле (2.1).

Таблица 2.3

Интервальный ряд дополненный необходимыми параметрами для построения графиков

Скорость проходки, м/ч	0.65 – 0.69	0.69 – 0.73	0.73 – 0.77	0.77 – 0.81	0.81 – 0.85
Частоты n_i	4	19	32	15	10
Середины интервалов x_i^*	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83
Относительные частоты $h_i = n_i/n$	0.05	0.2375	0.4	0.1875	0.125
Накопленные отн. Частоты $W_i = W_{i-1} + h_i$	0.05	0.2875	0.6875	0.875	1

Построим гистограмму и полигон частот (относительных частот). На рис.2.1. Изображена гистограмма и полигон относительных частот. График был построен при помощи электронных таблиц Microsoft Office.

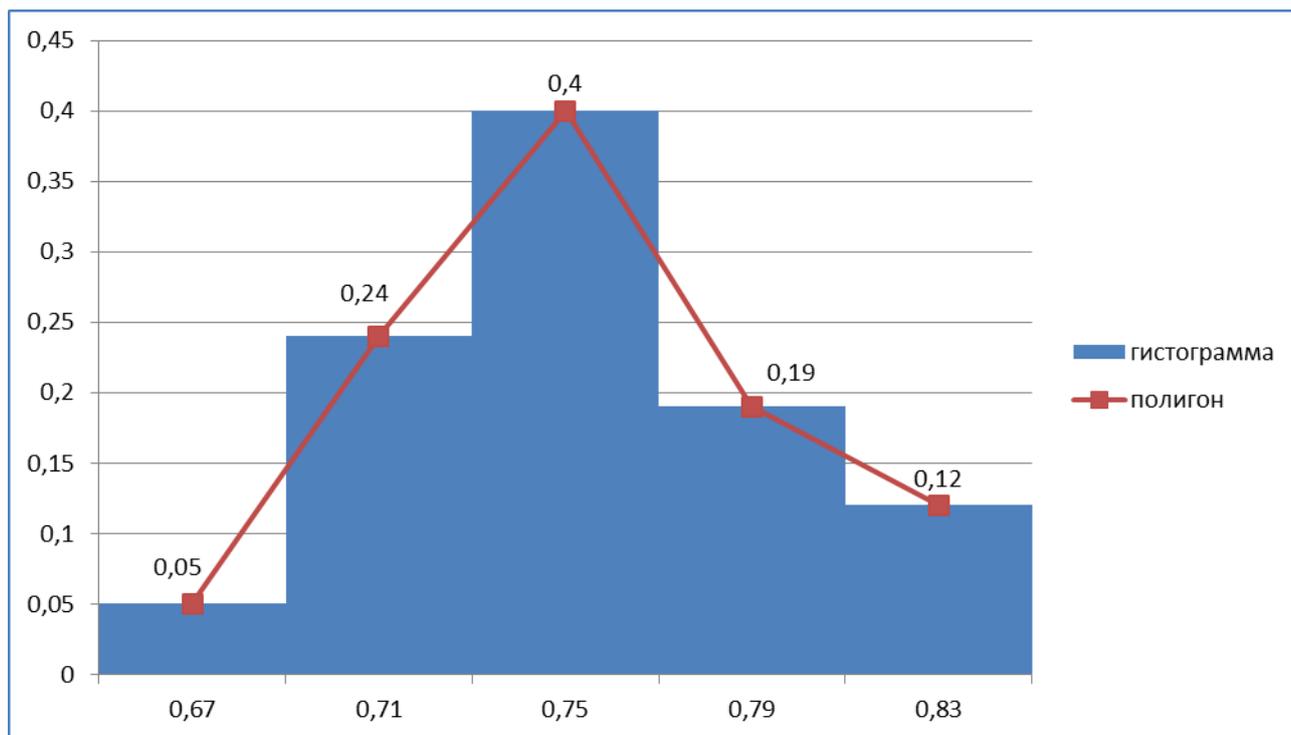


Рис.2.1 Гистограмма и полигон частот

Используя накопленные относительные частоты (таб. 2.3) построим эмпирическую функцию распределения. Заметим, что при этом следует пользоваться не интервальным представлением вариационного ряда, а его представлением через середины интервалов. Таким образом, в аналитическом виде $F_n(x)$ записывается следующим образом:

$$F_n(x) = \begin{cases} 0, & x \in (-\infty, 0.67] \\ 0.05, & x \in (0.67, 0.71] \\ 0.29, & x \in (0.71, 0.75] \\ 0.69, & x \in (0.75, 0.79] \\ 0.88, & x \in (0.79, 0.83] \\ 1, & x \in (0.83, +\infty) \end{cases}$$

Построим кумуляту и эмпирическую функцию распределения. Для интервальных данных ломаная линия начинается с точки, абсцисса которой равна началу первого интервала, а ордината – накопленной частоте, равной нулю. Другие точки этой ломаной

соответствуют концам интервалов и накопленным частотам. Эмпирическая функция распределения строится согласно её аналитической записи и имеет скачки в серединах интервалов. Диаграмма значений функции распределения и кумулята представлены на рис.5.

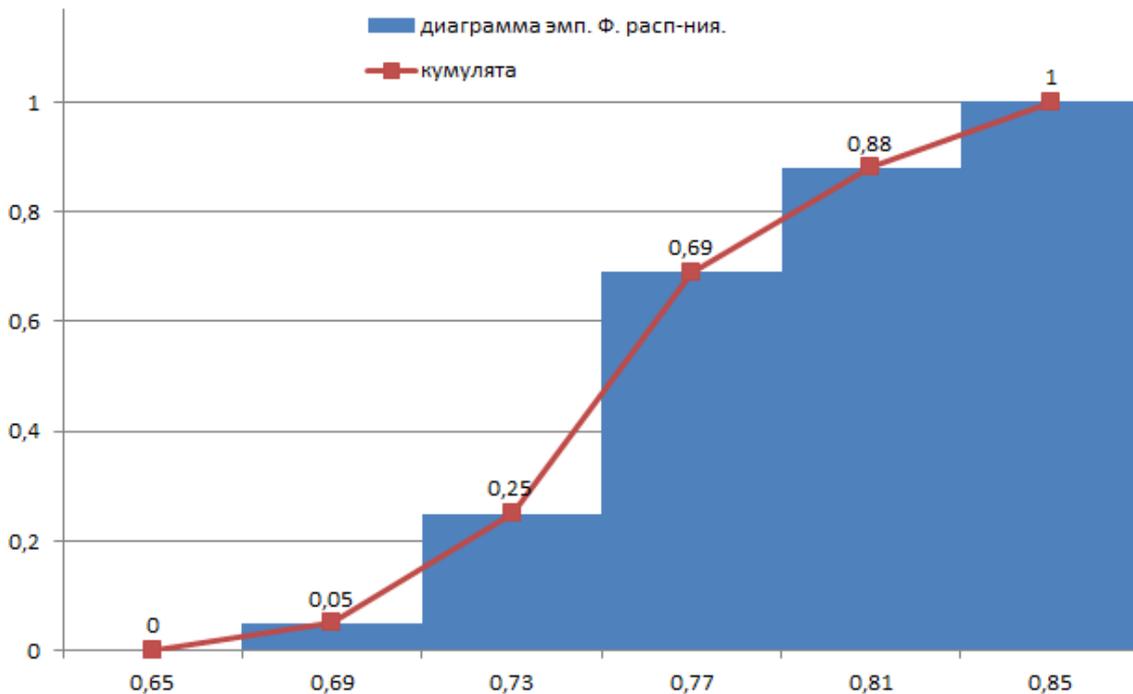


Рис.2.2. Кумулята и диаграмма эмпирической функции распределения.

3. Множественность оценок математического ожидания

Математическое ожидание - мера центральной тенденции в рассеянии случайной величины, одна из важнейших числовых характеристик распределения вероятностей случайной величины.

Проблема любого наблюдения и эксперимента заключается в том, что значение какой-либо характеристики явления или процесса абсолютно точно определить невозможно. В результате многократных измерений физической величины получится множество значений, имеющих большее или меньшее рассеяние относительно среднего значения. Принято считать, что это среднее значение является оценкой неизвестного математического ожидания (истинного значения измеряемой величины). Для физических

величин определяемых в результате экспериментов математическое ожидание определить невозможно, его можно только *оценить*.

Оценка - количественная характеристика параметра, получаемая по результатам выборки. Проблема оценки неизвестного параметра является одной из центральных в теории обработки результатов наблюдений. К оценкам параметров предъявляется комплекс требований. Важнейшие среди них: несмещённость, состоятельность и эффективность.

Важно отметить, что в отличие от математического ожидания (некоторой неизвестной абстрактной величины) оценок математического ожидания множество, например, арифметическое взвешенное среднее, *арифметико-геометрическое среднее*, *арифметическое среднее*, *взвешенное степенное среднее*, *гармоническое среднее*, *геометрическое среднее*, *среднее квадратичное*, *среднее кубическое*, а также *мода*, *медиана*.

Очевидно, что разные виды средних различаются; отсюда возникает проблема правильного выбора формы среднего значения.

Максимуму кривой плотности вероятностей соответствует *мода*, x_0 это наиболее вероятный результат. Мода в статистике - то, что в обычной жизни называется массовым, типичным. Например, цена, по которой данный товар чаще всего реализуется на рынке.

Если распределение асимметрично (Рис.3.1), то иногда представляет интерес *медиана*, $x_{0.5}$ - то значение случайной величины, которое делит распределение на две равные части. Другими словами, вероятности событий по обе стороны медианы одинаковы. Мода и медиана имеют больше теоретическое, чем практическое значение - для экспериментальной выборки моду и медиану вычислить непросто. Также Рис.3.1. демонстрирует тот факт, что для асимметричного распределения оценки математического ожидания не равны друг другу.

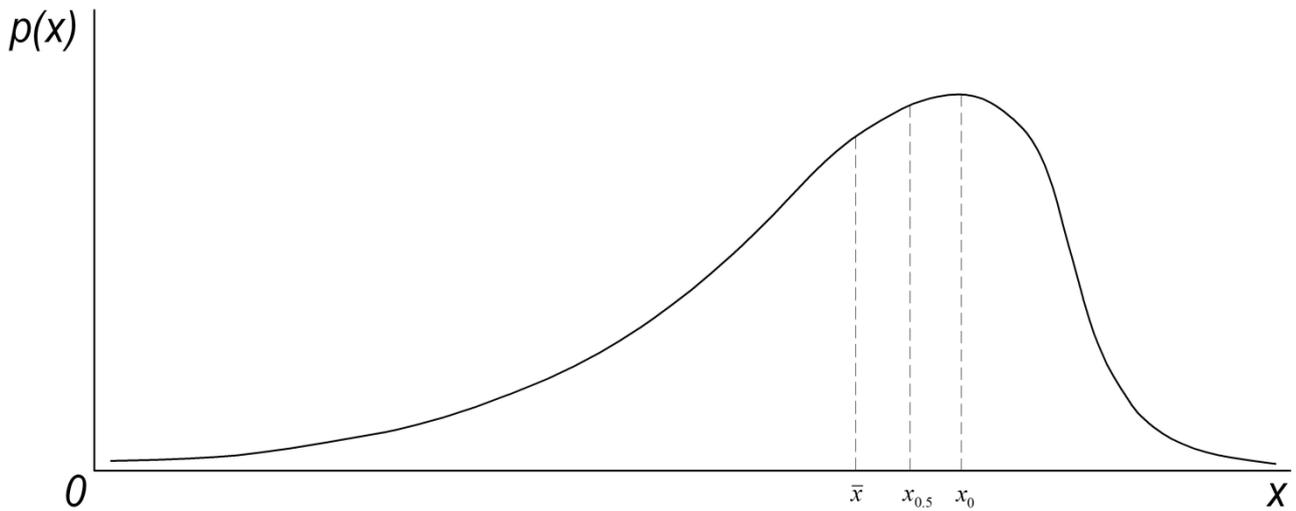


Рис.3.1. Три различные оценки математического ожидания для асимметричного распределения.

Как правило, выбор оценки математического ожидания необходимо осуществлять на основании знаний о физической сущности процесса. К сожалению, не во всех задачах можно сразу выбрать лучшую из оценок. Поэтому, будет полезно ввести критерий эффективности оценки. *Эффективная статистическая оценка* - оценка, обладающая наименьшей *дисперсией* среди нескольких оценок одного и того же параметра.

Дисперсия - в математической статистике и теории вероятностей теории - мера рассеяния значений случайной величины относительно центра (соответствующего математическому ожиданию), одна из характеристик распределения вероятностей случайной величины, т. е. отклонения её от среднего значения. Поскольку в практике математическое ожидание – величина неизвестная, на практике определяют *среднее значение выборки* и *выборочную (опытную) дисперсию*:

$$S_{on}^2 = \frac{1}{n_{on} - 1} \sum_{i=1}^{n_{on}} (x_i - \bar{x})^2, \quad (3.1)$$

n_{on} - число опытов в выборке, $\nu_{on} = n_{on} - 1$ - число степеней свободы выборочной дисперсии. Формула (3.1) применяется для вычисления дисперсии по выборке представленной в виде массива данных.

В соответствии с (3.1) вычисляется квадратичное отклонение:

$$s = \pm \sqrt{S_{on}^2} \quad (3.2)$$

- квадратичное отклонение или стандартное отклонение.

Коэффициент вариации - безразмерная мера рассеяния случайной величины относительно математического ожидания:

$$V_x = \frac{\sigma_x}{M_x}, \quad (3.2)$$

где σ_x - стандартное отклонение случайной величины, M_x - математическое ожидание. Коэффициент вариации был предложен в 1895 году К.Пирсоном (Pearson Karl; 1857-1936).

Выборочный коэффициент вариации вычисляется по формуле:

$$V_x = \frac{s_x}{\bar{x}}, \quad (3.3)$$

где s_x - квадратичное отклонение случайной величины, \bar{x} - оценка математического ожидания. В практике экспериментальных исследований коэффициент вариации служит также оценкой точности (воспроизводимости) эксперимента; в отечественной литературе его называют относительной ошибкой и обычно выражают в процентах. Т.е. умножая (3.3) на 100% можно указать относительную погрешность эксперимента.

Моду удобно вычислять по дискретному или интервальному вариационному ряду. При интервальной группировке выбирается интервал, которому соответствует наибольшая частота. Пусть это k -й интервал $(x_{k-1}; x_k)$. его частота равна n_k , а ширина Δ . Тогда

$$x_0 = x_{k-1} + \Delta \frac{n_k - n_{k-1}}{2n_k - n_{k-1} - n_{k+1}} \quad (3.4)$$

Для дискретного вариационного ряда модой является варианта имеющая наибольшую частоту.

Среднее значение - понятие математической статистики, эта величина зависит, зависящая от метода её вычисления. В общем виде среднее значение величины X будем обозначать \bar{x} .

Перечислим применяемые на практике формулы для вычисления средних значений по массиву данных (выборке) объёмом n . Наиболее употребительным средним является

Арифметическое среднее:

$$x_{ap} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}. \quad (3.5)$$

Гармоническое среднее:

$$x_h = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}} = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}}. \quad (3.6)$$

Геометрическое среднее

$$x_g = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}. \quad (3.7)$$

Среднее квадратичное:

$$x_{кв} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}} \quad (3.8)$$

Среднее кубическое:

$$x_{куб} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^3}{n}} = \sqrt[3]{\frac{x_1^3 + x_2^3 + \dots + x_n^3}{n}} \quad (3.9)$$

Арифметико-геометрическое среднее $x_{ap.-геом.}$ вычисляется по следующему правилу:

Арифметико-геометрическое среднее - общий предел последовательностей арифметического среднего x_{ap} и геометрического среднего x_g , получаемых в результате следующих операций:

- 1) по заданной выборке определяется среднее арифметическое и среднее геометрическое;
- 2) По полученным значениям x_{ap} и x_g вычисляются среднее арифметическое и среднее геометрическое;
- 3) Пункт 2) следует повторить пока $|x_{ap} - x_g| \geq \varepsilon$, где ε – заданная точность вычислений.

Так как арифметическое среднее является наиболее часто встречающейся оценкой математического ожидания, укажем выражения для неё в случае дискретного и интервального вариационного ряда:

В случае дискретного вариационного ряда, среднее арифметическое вычисляется как:

$$x_{ap} = \frac{\sum_{i=1}^K n_i x_i}{n} = \sum_{i=1}^K h_i x_i, \quad (3.10)$$

K – количество вариантов, n_i – их частоты, h_i – их относительные частоты

При интервальном вариационном ряде:

$$x_{ap} = \frac{\sum_{i=1}^K n_i x_i^*}{n} = \sum_{i=1}^K h_i x_i^*, \quad (3.11)$$

где K – количество интервалов, n_i – частоты им соответствующие, h_i – относительные частоты, x_i^* – середины интервалов.

Доверительный интервал – статистическая оценка параметра исследуемого вероятностного распределения, имеющая вид интервала, границами которого служат функции от результатов наблюдений и доверительной вероятности, который с вероятностью P "накрывает" неизвестное значение параметра. Так как математическое ожидание вычислить невозможно, его возможно только оценить, то при нахождении оценки математического ожидания, следует указывать доверительный интервал с соответствующей доверительной вероятностью. *Доверительная вероятность P* – вероятность достоверности принимаемой гипотезы, характеристика надёжности, полученной по выборке оценки того или

иного параметра. Сопутствующим параметром доверительной вероятности P является *уровень значимости* α - вероятность допущения ошибок, т.е. $\alpha = 1 - P$.

Чем выше гарантия надёжности оценки, тем больше величина интервала, в котором может находиться генеральный параметр. В исследованиях прикладного характера доверительная вероятность обычно принимается $P=0,95$. Соответственно, *уровень значимости* $\alpha = 1 - P = 0.05$ в случае *нормально распределённой* случайной величины это соответствует вероятности попадания случайной величины в интервал $M_x - 2\sigma \leq X \leq M_x + 2\sigma$ (правило *двух сигма*). Для оценки математического интервала, согласно правилу *двух сигма* можно записать доверительный интервал,:

$$\bar{x} - 2s < M_x < \bar{x} + 2s, \quad (3.12)$$

с доверительной вероятностью не более 0.95.

По аналогии с вероятностью 0,997 – правило $M_x - 3\sigma \leq X \leq M_x + 3\sigma$ *трёх сигма*, можно записать доверительный интервал:

$$\bar{x} - 3s < M_x < \bar{x} + 3s. \quad (3.14)$$

Правилу *одного сигма* $M_x - \sigma < X < M_x + \sigma$ соответствует доверительная вероятность 0,683. Интервал соответствующий правилу одного сигма ещё называют *приблизительным интервалом*, в котором с той или иной вероятностью (но не выше 0,683) может находиться математическое ожидание выражается стандартными границами:

$$\bar{x} - s < M_x < \bar{x} + s \quad (3.15)$$

Иллюстрация этих правил для нормального распределения представлено на рис 3.2.

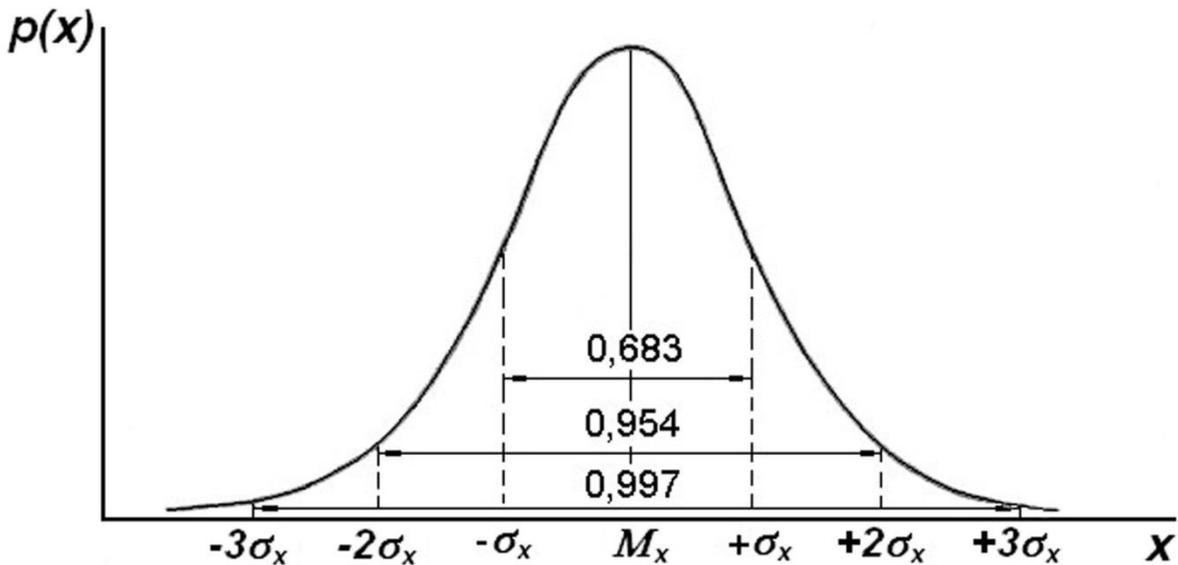


Рис 3.2. Правило одного, двух и трёх сигма примере нормального распределения.

Доверительное отклонение - функция от результатов наблюдений и доверительной вероятности, позволяющая оценить доверительный интервал, который с вероятностью P «накрывает» неизвестное значение параметра:

$$s_x^\alpha = \pm \frac{s_x}{\sqrt{n}} \cdot t_v^\alpha, \quad (3.16)$$

Где s_x - *квадратичное отклонение*, n -количество наблюдений; t_v^α - критерий *Стьюдента* (Приложение1), случайная величина, характеризующая соотношение неизвестной ошибки определения M_x и квадратичного отклонения s_x .

Используя t_v^α - критерий *Стьюдента*, можно с заданным уровнем значимости $\alpha = 1 - P$ указывать доверительный интервал для математического ожидания, по следующему правилу:

$$\bar{x} - s_x^\alpha \leq M_x \leq \bar{x} + s_x^\alpha \quad (3.17)$$

Этим соотношением пользуются практически при обработке экспериментальных данных для определения доверительного интервала. Необходимо отметить, что *уровнем значимости* α исследователь задаётся независимым путём, т.е. исходя из сущности задачи, природы процесса, явления. При вычислении s_x^α , параметр t_v^α -

берется из таблиц, для *двустороннего* или *одностороннего критерия Стьюдента*, в зависимости от физической сущности задачи.

t-критерий - критерий значимости, основанный на распределении Стьюдента и используемый для проверки гипотез о средних значениях нормально распределённых физических величин и для проверки на значимость оценок параметров. t_v^α для одностороннего критерия берётся из таблицы. t_v^α для двустороннего критерия берётся из таблицы для одностороннего критерия, для вдвое меньшего уровня значимости $t_v^{\alpha/2}$. На рис.3.3. представлена графическая интерпретация одностороннего критерия Стьюдента – плотность вероятностей *t*-критерия. Случай одностороннего критерия – заштрихована критическая область, составляющая α площади под кривой. На Рис. 3.4. представлена Плотность вероятностей двустороннего *t*-критерия. На графике отмечены левая $-t^{\alpha/2}$ и правая $t^{\alpha/2}$ критические области двустороннего *t*-критерия. Сумма площадей этих областей соответствует уровню значимости α . Так как ошибки измерений подлежат нормальному распределению, то при вычислении доверительного интервала для математического ожидания следует использовать двусторонний критерий Стьюдента (Приложение 1).

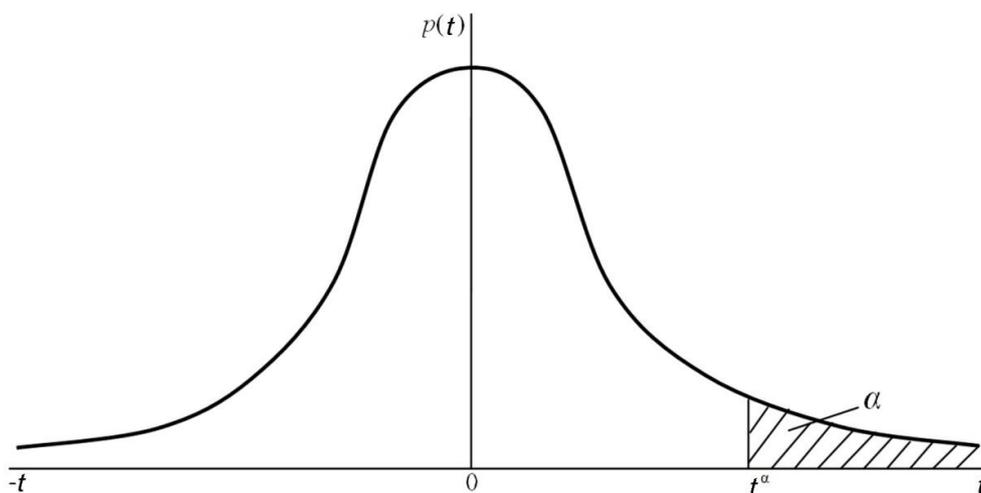


Рис.3.5.Плотность вероятностей одностороннего *t*-критерия

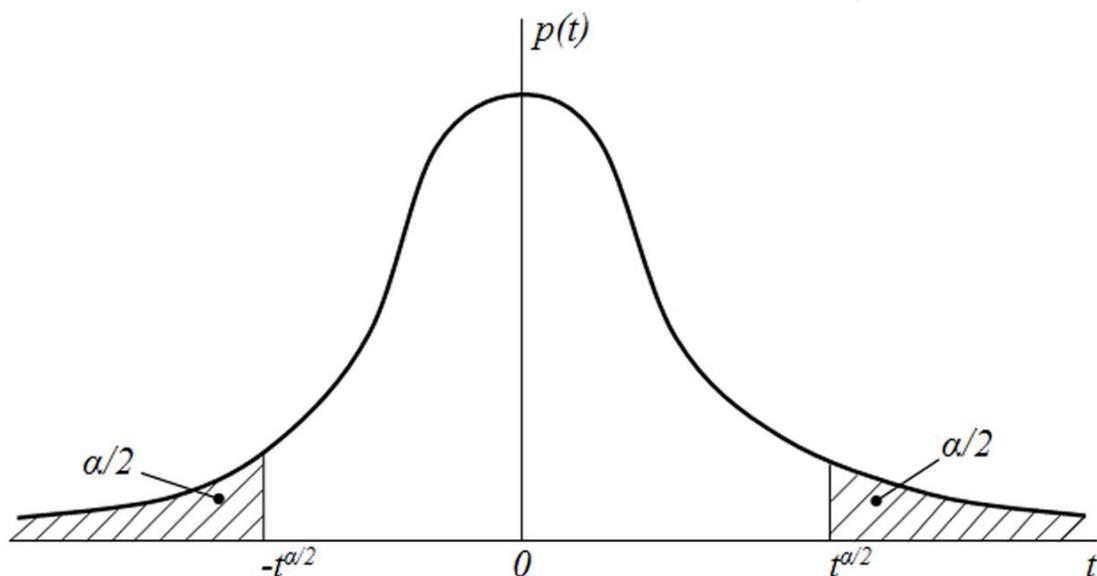


Рис.3.6. Плотность вероятностей двустороннего t -критерия

ПРИМЕР 2. (Вычисление моды для дискретного и интервального вариационного ряда)

Таблица 3.1.

Исходный дискретный вариационный ряд

x_i	60,2	60,3	60,4	60,5	60,6	60,7	60,8	60,9	61	61,2	61,3	61,4	61,6
n_i	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	3	1

Очевидно, что модой в этом случае является 61,2, так как имеет наибольшую частоту.

Пусть выборка представлена в виде интервального вариационного ряда Таблица 3.2.

Таблица 3.2.

Интервальный вариационный ряд

Интервалы	(5;7)	(7;9)	(9;11)	(11;13)	(13;15)	(15;17)	(17;19)
Частоты n_i	4	8	11	7	5	3	2

Определим моду по интервальному вариационному ряду. Для этого определим интервал, которому соответствует наибольшая частота. Третьему интервалу (9;11) соответствует наибольшая частота $n_3 = 11$. Тогда по формуле (3.4) вычисляется мода:

$$x_0 = x_{k-1} + \Delta \frac{n_k - n_{k-1}}{2n_k - n_{k-1} - n_{k+1}} = 9 + 2 \frac{11 - 8}{2 \cdot 11 - 8 - 7} \approx 9,86$$

ПРИМЕР 3 (Оценка эффективности средних значений, как оценки математического ожидания выборки)

Пусть дан массив проходки на долото за рейс, в метрах. Проходка на долото - пройденный долотом интервал ствола скважины с момента спуска долота и до его подъёма на поверхность (рейс).

3,34 3,36 3,43 3,45 3,45
3,46 3,47 3,47 3,48 3,51

Массив получен при проведении приёмочных испытаний коронок в породах с различной степенью трещиноватости и абразивности.

Требуется вычислить средние значения: x_{ap} , x_h , x_g , $x_{кв}$, $x_{куб}$, $x_{ар.-геом.}$.

Определить наиболее эффективную из предложенных оценок математического ожидания.

Решение

Данную задачу удобно решать при помощи вспомогательных таблиц, работать с которыми можно как вручную, так и используя специализированные программы, такие как Microsoft Office Excel, или его аналоги.

Вычислим x_{ap} , x_h , x_g , $x_{кв}$, $x_{куб}$, $x_{ар.-геом.}$, их дисперсии, а далее дадим оценку. Наиболее эффективным средним значение будет то, у которого меньшая дисперсия.

Вся задача заключается в правильном использовании формул (3.5)-(3.9), т.е. в выполнении тривиальных арифметических операций. Поэтому обсудим только вычисление *арифметико-геометрического среднего*, по алгоритму представленному выше.

Вычислим по (3.5) среднее арифметическое

$$x_{ap} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{3,34 + 3,36 + 3,43 + 3,45 + 3,45 + 3,46 + 3,47 + 3,47 + 3,48 + 3,51}{10} = 3,442$$

Вычислим по (3.6) геометрическое среднее:

$$x_g = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i} = \sqrt[10]{3,34 \cdot 3,36 \cdot 3,43 \cdot 3,45 \cdot 3,45 \cdot 3,46 \cdot 3,47 \cdot 3,47 \cdot 3,48 \cdot 3,51} = 3,441628158$$

Зададим точность, с которой будет вычисляться арифметико-геометрическое среднее. Пусть $\varepsilon = 0,001$, данной точности достаточно для многих тонических приложений. Следовательно по имеющимся x_{ap} , x_g будем вычислять x_{ap} , x_g заново, пока $|x_{ap} - x_g| \geq \varepsilon$.

Проделаем первую итерацию:

$$x_{ap} = \frac{3,442 + 3,441628158}{2} = 3,441814079;$$

$$x_g = \sqrt{3,442 \cdot 3,441628158} = 3,441814074$$

Проверяем условие: $|x_{ap} - x_g| \geq 0,001$, очевидно, что оно не выполняется после первой же итерации, так как x_{ap} , x_g совпадают с точностью до девятого знака после запятой. Теперь мы можем записать искомое значение - $x_{ap.-geom.} = 3,44181407$.

Все вычисленные средние значения запишем в сводную таблицу. Также вычислим дисперсии. Дисперсии для каждого среднего значения вычисляются по формуле (3.1). В каждом случае в формулу поставляется соответствующее среднее значение на место \bar{x} . Все значения дисперсий занесем в сводную таблицу. В качестве примера разберем вычисление дисперсии для среднего арифметического. Пример находится на рисунке ниже.

	x	$x - x_{ap}$	$(x - x_{ap})^2$
	3,34	-0,102	0,010404
	3,36	-0,082	0,006724
	3,43	-0,012	0,000144
	3,45	0,008	6,4E-05
	3,45	0,008	6,4E-05
	3,46	0,018	0,000324
	3,47	0,028	0,000784
	3,47	0,028	0,000784
	3,48	0,038	0,001444
	3,51	0,068	0,004624
x_{ap}	3,442	Сумма	0,02536
n	10	S^2	0,002818

Пример расчёта дисперсии при помощи электронных таблиц

По результатам вычислений, представленным в сводной таблице очевидно, что разные виды средних различаются; отсюда возникает проблема правильного выбора формы среднего значения. Также очевидно, что у арифметического среднего минимальная дисперсия. Другими словами, арифметическое среднее является эффективной статистической оценкой.

Таблица 3.3

Сводная таблица средних значений и их дисперсий

Средние значения	\bar{x}	Дисперсии s^2
$x_{ар}$	3,442	0,002817778
x_h	3,441252854	0,002818398
x_g	3,441628158	0,002817931
$x_{кв}$	3,442368371	0,002817929
$x_{куб}$	3,442733265	0,002818375
$x_{ар.-геом.}$	3,44181407	0,002817816

ПРИМЕР 4. (Построение доверительных интервалов, коэффициент вариации. Отсев выпадающих точек).

Рассмотрим *процедуру оценки* математического ожидания и *дисперсии случайной величины* на примере *определения коэффициента* физической проницаемости цементного камня. Коэффициент проницаемости определён по *результатам* лабораторного исследования шести образцов цементного камня. В этом примере речь идёт только об определении коэффициента физической проницаемости цементного камня. При этом предполагается, что *ошибки измерений* подчиняются *закону нормального распределения*. Исходные данные представлены в следующей таблице:

i	Коэффициент физической проницаемости $k \cdot 10^{13} \text{ м}^2$
1	0,239
2	0,2472
3	0,2421
4	0,2525
5	0,2469
6	0,2508

В качестве среднего значения выберем среднее арифметическое и по формуле (3.5) вычислим его, $\bar{k} = 0,2464 \cdot 10^{-13}$. Определим дисперсию по формуле (3.1) $S_{on}^2 = 0,26092 \cdot 10^{-30}$, следовательно квадратичное отклонение по согласно (3.2) равняется $S_k = 0,5108 \cdot 10^{-15}$ является квадратичным отклонением или стандартным отклонением. Вычислим коэффициент вариации по формуле (3.3), $V_x = s_k / \bar{k} = 0,0207$. Полученный коэффициент вариации характеризует относительную ошибку эксперимента. Его можно выразить в процентах - 2,07%. Что является достаточно хорошей точностью результатов.

Приблизительный интервал, в котором с той или иной вероятностью (но не выше 0,683) может находиться математическое ожидание коэффициента физической проницаемости исследованного образца цементного камня, выражается стандартными границами (3.15):

$$0,2464 \cdot 10^{-13} - 0,5108 \cdot 10^{-15} \leq M_k \leq 0,2464 \cdot 10^{-13} + 0,5108 \cdot 10^{-15}$$

Следует заметить, что математическое ожидание может находиться и за пределами стандартных границ. Для того чтобы можно было указать надёжность, достоверность интервала, необходимо воспользоваться соотношениями (3.16), (3.17). Вначале нужно задаться вероятностью ошибки или, точнее, доверительной вероятностью обозначения интервала, в котором может находиться

неизвестное значение коэффициента проницаемости образца цементного камня. В исследованиях прикладного характера доверительная вероятность принимается обычно $P=0,95$. Соответственно, уровень значимости $\alpha = 1 - P = 0.05$.

Вычислим доверительное отклонение коэффициента проницаемости для уровня значимости $\alpha = 0.05$. По таблице (Приложение 1) найдём значение двустороннего критерия Стьюдента для числа степеней свободы $\nu = n - 1 = 6 - 1 = 5$. Табличный двусторонний критерий Стьюдента $t_5^{0,05} = 2,57 = 2,57$. Вычислим по формуле (3.16) доверительное отклонение

$$s_k^{0,05} = \frac{0,5108 \cdot 10^{-15}}{\sqrt{6}} \cdot 2,57 = 0,536 \cdot 10^{-15}.$$

Теперь результаты расчётов более определённы, с доверительной вероятностью $P=0,95$ математическое ожидание коэффициента физической проницаемости исследованного образца цементного камня находится в интервале:

$$0,2464 \cdot 10^{-13} - 0,536 \cdot 10^{-15} \leq M_k \leq 0,2464 \cdot 10^{-13} + 0,536 \cdot 10^{-15},$$

округляя, получим:

$$(0,246 - 0,005) \cdot 10^{-13} \leq M_k \leq (0,246 + 0,005) \cdot 10^{-13}.$$

Теперь можно обсуждать вопрос о «выпадающих точках», т.е. о значениях k , находящихся за пределами доверительных границ и с вероятностью $P=0,95$ являющихся результатами грубых ошибок экспериментатора.

Выпадающими точками являются точки под номерами 1 и 4. Удалим их и произведём расчёт с оставшимися четырьмя значениями: $\bar{k} = 0,24675 \cdot 10^{-13}$, $S_{on}^2 = 0,1275 \cdot 10^{-30}$, $S_k = 0,357 \cdot 10^{-15}$, коэффициент вариации $V_x = 0,014468$. По коэффициенту вариации заметим, что относительная ошибка эксперимента снизилась с 2,07% до 1,45%. Этот факт демонстрирует целесообразность применения процедуры отсева выпадающих точек, для получения более точного результата оценки статистических характеристик. Далее можно записать

доверительный интервал и в случае большого количества исходных данных повторить процедуру отсева.

4. Нормальное распределение

Нормальное распределение, распределение Гаусса – предельный закон распределения событий и явлений, являющихся результатом действия множества детерминированных факторов (физических причин, случайно сочетающихся), каждый из которых по интенсивности не выделяется на фоне других. Хаос и динамичность в причинно-следственных связях и их результат математически выражаются экспоненциальной функцией:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \int_{-\infty}^x e^{-(x-M_x)^2/2\sigma_x^2} dx$$

Примеры геологических характеристик, подчиняющихся закону нормального распределения: топография, плотность морского песка, показатель сферичности для заданного размера частиц, показатель окатанности галек разного размера, уровень воды в скважине в течение времени, плотность гидросети, удельный вес образцов из гранитного массива, плотность заполнения зерен в песчанике, размеры беспозвоночных ископаемых организмов, угол наклона морского пляжа, угол склона речной долины, угол падения косой слоистости песчаника, пористость песчаника, содержание минералов в породах, содержание влаги в осадочных породах, содержание некоторых химических элементов.

Самым простым и самым не точным способом проверки распределения на соответствие нормальному распределению является визуальная оценка, (по гистограмме или полигону частот) . Поэтому для достоверной проверки изучаемого распределения на нормальность, следует пользоваться статистическими гипотезами.

4.1. Предварительная проверка на нормальность

С помощью некоторых числовых характеристик можно определить, является ли выборочное распределение близким к нормальному. Если выборочное распределение близко к нормальному (или является таковым), то:

- 1) для него выполняется правило одного, двух и трёх сигма (3.12)-(3.15)
- 2) в не слишком маленькой выборке величина коэффициента вариации V_x должна быть не более 33 % . т.е. $V_x < 0,33$
- 3) Оценка эксцесса E_x , и коэффициента асимметрии A_x должны быть близки к нулю.
- 4) $\bar{x} \approx x_0$ (среднее арифметическое и мода приблизительно равны).

Познакомимся с понятиями эксцесса E_x , и асимметрии A_x . Для этого введём понятие выборочных моментов.

Выборочный *начальный момент* порядка l определяется по формуле:

$$m_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^l. \quad (4.1)$$

Выборочный *центральный момент* порядка l определяется по формуле:

$$\mu_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^l. \quad (4.2)$$

Если данные представлены в виде дискретного вариационного ряда, то верны следующие формулы:

$$m_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^K n_i x_i^l, \quad (4.3)$$

$$\mu_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^K n_i (x_i - \bar{x})^l. \quad (4.4)$$

Для интервального вариационного ряда

$$m_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^K n_i (x_i^*)^l, \quad (4.5)$$

$$\mu_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^K n_i (x_i^* - \bar{x})^l. \quad (4.6)$$

Коэффициент асимметрии (ассиметрии) - наиболее применимая мера асимметрии распределения, определяемая соотношением:

$$A_x = \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}}. \quad (4.7)$$

Коэффициент асимметрии характеризует *скошенность* или *асимметрию* распределения. Для распределений, симметричных относительно математического ожидания $A_x = 0$. Рассмотрим рис. 4.1. На нём изображено несколько случаев различной асимметрии: 1 – кривая с положительной асимметрией; 2 - кривая с отрицательной асимметрией; 3 - кривая нормального распределения. В соответствии с понятием плотности вероятностей - площадь под каждой кривой плотности вероятностей равна 1.

В зависимости от знака A_x говорят о распределении с положительной асимметрией ($A_x > 0$) и с отрицательной асимметрией ($A_x < 0$). Для нормального распределения $A_x = 0$; математическое ожидание M_x , мода x_0 и медиана $x_{0.5}$ совпадают (рис. 4.1.).

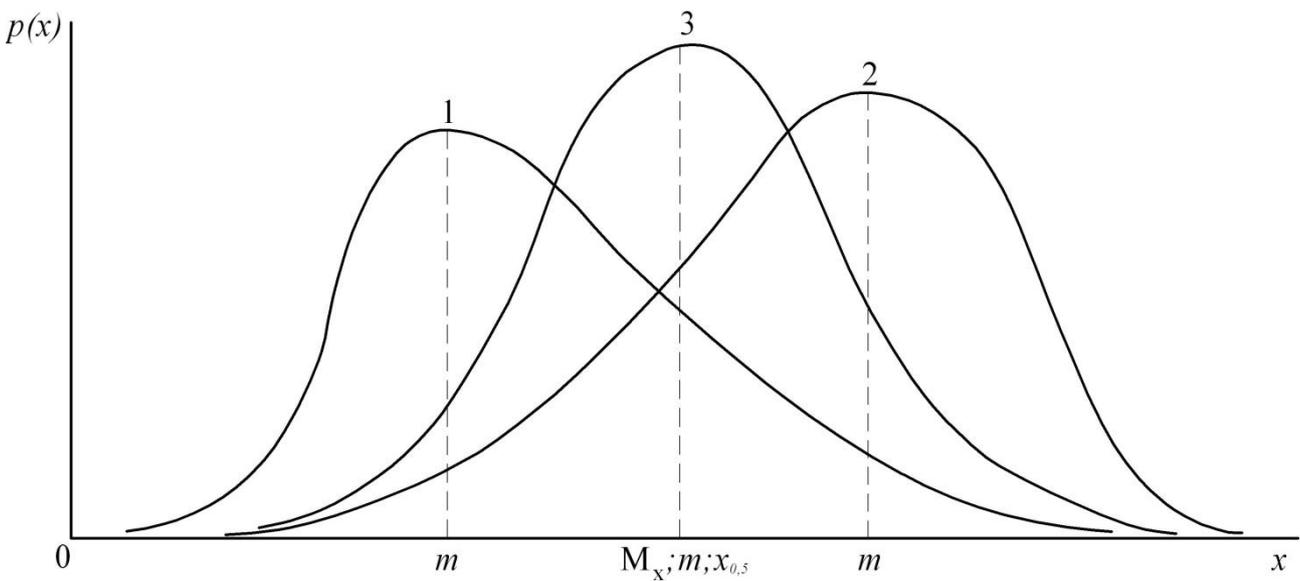


Рис.4.1 Асимметричное распределение вероятностей случайной величины:

Коэффициент эксцесса, (эксцесс), - скалярная характеристика острровершинности графика плотности вероятности унимодального

распределения, которую используют в качестве некоторой меры отклонения рассматриваемого распределения от нормального. Коэффициент эксцесса E_x определяется по формуле:

$$E_x = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} - 3 \quad (4.8)$$

Для нормального распределения коэффициент эксцесса $E_x=0$; случай $E_x > 0$ соответствует, как правило, тому, что график плотности рассматриваемого распределения в окрестности моды имеет более острую и более высокую вершину, чем нормальная кривая. Случай $E_x < 0$ соответствует отрицательному эксцессу, при этом плотность вероятности имеет в окрестности моды более низкую и плоскую вершину, чем плотность нормального закона.

ПРИМЕР 5 (Предварительная проверка выборочного распределения на нормальность)

В результате измерения температуры раздела фракции бензин-авиакеросин на установке первичной переработки нефти были получены знамения температур, приведенные в таблице (в градусах Цельсия).

Необходимо произвести предварительную оценку на нормальность.

Таблица 4.1.

Исходные данные задачи

№	T	№	T	№	T	№	T
1	133.5	14	141.5	27	144.0	40	137.5
2	142.0	15	139.0	28	142.5	41	141.5
3	145.5	16	140.5	29	139.0	42	141.0
4	144.5	17	139.0	30	137.0	43	142.5
5	134.5	18	143.5	31	136.0	44	143.5
6	138.5	19	139.5	32	137.0	45	141.0
7	144.0	20	140.5	33	138.5	46	147.0
8	141.0	21	140.0	34	139.0	47	139.5
9	141.5	22	138.5	35	139.5	48	136.5
10	139.5	23	135.0	36	140.5	49	142.0
11	140.0	24	139.5	37	139.5	50	140.0

12	145.0	25	139.0	38	140.0		
13	141.5	26	138.0	39	140.5		

Решение

Для вычисления выборочных характеристик удобно представить данный массив в упорядоченном виде, или в виде вариационного ряда (проделать самостоятельно). Вычислим выборочные характеристики: $\bar{x} = x_{ap} = 140,19$, $S^2 = 7,753979592$, $S = 2,784596845$, $V_x = 0,019863$, $E_x = 0,175421928$, $A_x = 0,019299$, $x_0 = 140$

- 1) Для проверки правила одного, двух и трёх сигма необходимо воспользоваться формулами (3.12)-(3.15) и подсчитать какой процент исходных данных попадает в каждый из доверительных интервалов и соответствует ли полученный результат проверяемым правилам;
- 2) $V_x = 0,019863 < 0,33$;
- 3) $E_x = 0,175421928$, $A_x = 0,019299$ близки к нулю;
- 4) $\bar{x} = 140,19 \approx x_0 = 140$.

Предварительный анализ показывает, что распределение температуры раздела фракции бензин-авиакеросин не противоречит предположению о нормальности. Тем не менее замечены незначительные отклонения от нормального распределения. Для более точной проверки необходимо пользоваться статистическими критериями о нормальности распределения.

4.2. Критерий Пирсона

В математической статистике для проверки гипотезы о нормальности распределения используют следующие критерии: χ^2 (хи-квадрат) Пирсона, Романовского, приближенный критерий.

Критерий согласия Пирсона χ^2 (хи-квадрат) применяют для проверки гипотезы о соответствии эмпирического распределения предполагаемому теоретическому распределению.

За меру расхождения эмпирического и теоретического распределений английский математик Пирсон принял величину χ^2 :

$$\chi_{on}^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}, \quad (4.9)$$

где n_i — эмпирические частоты, n'_i — теоретические частоты.

Применение критерия χ^2 к проверке гипотезы о нормальном распределении генеральной совокупности значений признака X осуществляется по следующему правилу.

- 1) По имеющейся выборке определить основные статистики - \bar{x}, S_x^2, S_x
- 2) Вычислить теоретические частоты n'_i по формуле:

$$n'_i = \frac{n\Delta}{S} \varphi(z_i), \quad (4.10)$$

где n - объём выборки, Δ - длина интервала, S - квадратичное отклонение, z_i - стандартизированная случайная величина (безразмерная):

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S}, \quad (4.11)$$

$\varphi(z_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z_i^2/2}$ - значения (ординаты) стандартизованного

нормального распределения можно найти по таблице Приложения 2.

Для вычисления теоретических частот удобно использовать расчётную таб 4.1.:

Таб 4.1.

x_i	$x_i - \bar{x}$	$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S}$	$\varphi(z_i)$	$y_i = \frac{n\Delta\varphi(z_i)}{S}$	$n'_i = \frac{n\Delta}{S}\varphi(z_i)$

Расчетная таблица для вычисления теоретических частот

y_i — выровненные частоты (ординаты) теоретической кривой,

n'_i -округленные частоты y_i до ближайшего целого числа.

- 3) Вычислить величину χ_{on}^2 по формуле (4.9) Для вычисления теоретических частот удобно использовать расчётную табл. 4.2.:

Таб 4.2.

n_i	n'_i	$n_i - n'_i$	$(n_i - n'_i)^2$	$\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
				$\chi_{on}^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$

Расчетная таблица для вычисления χ_{on}^2

4) Вычислить число степеней свободы ν . Оно равно числу независимых источников информации, с помощью которых вычисляется χ_{on}^2 :

$$\nu = K - l - 1 \quad (4.12)$$

где K – число интервалов $l=2$, потеря свободы при *стандартизации* случайной величины (при стандартизации вычисляются *среднее значение случайной величины, дисперсия* \bar{x}, S_x^2). Единица вычитается по причине того, что независимо вычисляются частоты только в первых $K-1$ интервалах, а частота в K -том интервале может быть вычислена через предыдущие и объём выборки. Таким образом, $\nu = K - l - 1 = K - 3$

5) По заданному уровню значимости α и числу степеней свободы ν сравнить χ_{on}^2 с критическим значением χ^2 – критерия, взятого по таблице из Приложения 3. Сделать соответствующий вывод. Если $\chi_{on}^2 < \chi^2$, то нет достаточных оснований отвергнуть выдвинутую гипотезу о нормальном распределении признака X . Если $\chi_{on}^2 > \chi^2$ гипотеза о нормальном распределении признака X отвергается.

Примечание. В случае интервального вариационного ряда, в записанных формулах вместо x_i использовать середины отрезков x_i^* . То есть работать с дискретным представлением интервального вариационного ряда.

4.3. Критерий Романовского

Для оценки близости эмпирического распределения признака X к нормальному теоретическому предложено вычислять отношение:

$$\left| \frac{\chi_{on}^2 - \nu}{\sqrt{2\nu}} \right| \quad (4.13)$$

Если указанное отношение по модулю меньше трех, то расхождение между теоретическим и эмпирическим распределениями считается несущественным. Тогда можно принять, что данное эмпирическое распределение моделируется нормальным распределением. Если отношение (4.13) больше трех, то у нас нет оснований считать, что эмпирическое распределение признака X подчиняется нормальному закону распределения.

4.4. Приближенный критерий нормальности распределения

Для проверки гипотезы о соответствии данной выборки нормальному закону распределения используют выборочные статистики: асимметрию и эксцесс. В этом случае названные статистики вычисляют по формулам (4.7) и (4.8). Затем вычисляют их средние квадратичные отклонения по формулам:

$$S_{A_x} = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}} \quad (4.14)$$

$$S_{E_x} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}} \quad (4.15)$$

Если $|A_x| \leq S_{A_x}$ и $|E_x| \leq S_{E_x}$, то выборочная совокупность подчиняется нормальному закону распределения. Если A_x и E_x заметно больше своих средних квадратических отклонений, то выборочная совокупность не будет распределена по нормальному закону.

ПРИМЕР 6 (Проверка статистических гипотез)

Пусть имеются данные об обводненности нефти из насосных скважин (в %), представленные в виде интервального вариационного

ряда. $\sum_{i=1}^k n_i = n = 100$.

Проверить согласованность эмпирического распределения с теоретическим нормальным, применяя три критерий:

- 1) критерий Пирсона;
- 2) критерий: Романовского

3) приближенный критерий.

Таблица 4.3.

Варианты-интервалы	(60;60,3)	(60,3;60,6)	(60,6;60,9)	(60,9;61,2)	(61,2;61,5)
Частоты	3	6	9	18	29
Середины интервалов	60,15	60,45	60,75	61,05	61,35
Варианты-интервалы	(61,5;61,8)	(61,8;62,1)	(62,1;62,4)	(62,4;62,7)	(62,7;63)
Частоты	16	2	10	5	2
Середины интервалов	61,65	61,95	62,25	62,55	62,85

Решение

От работы с интервальным вариационным рядом, перейдём к работе с дискретным, используя середины интервалов. В данном задании будем их обозначать не через x_i^* , а просто x_i . определим основные статистики – для вычисления $\bar{x} = x_{ap}$ следует пользоваться формулой (3.5) $\bar{x} = x_{ap} = 61,392$, по формуле (3.1), (3.2), $S_x^2 = 0,361855$ $S_x = 0,601543$, Для вычисления теоретических частот удобно использовать расчётную табл. 4.1.

Таблица 4.4

x_i	$x_i - \bar{x}$	$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S}$	$\varphi(z_i)$	$y_i = \frac{n\Delta\varphi(z_i)}{S}$	$n'_i = \frac{n\Delta}{S} \varphi(z_i)$
60,15	-1,242	-2,064688694	0,0478	2,383868	2
60,45	-0,942	-1,565971618	0,1163	5,80008	6
60,75	-0,642	-1,067254542	0,2251	11,22612	11
61,05	-0,342	-0,568537466	0,3391	16,9115	17
61,35	-0,042	-0,069820391	0,3930	19,59958	20
61,65	0,258	0,428896685	0,3637	18,13834	18
61,95	0,558	0,927613761	0,2589	12,91179	13

62,25	0,858	1,426330837	0,1435	7,15659	7
62,55	1,158	1,925047913	0,0620	3,092046	3
62,85	1,458	2,423764989	0,0213	1,062267	1

1) Проверим согласованность эмпирического распределения с теоретическим нормальным по критерию Пирсона. Вычислим величину χ_{on}^2 по формуле (4.9), для этого используем расчётную таблицу вида табл.4.2.

n_i	n'_i	$n_i - n'_i$	$(n_i - n'_i)^2$	$\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
3	2	1	1	0,5
6	6	0	0	0
9	11	-2	4	0,363636364
18	17	1	1	0,058823529
29	20	9	81	4,05
16	18	-2	4	0,222222222
2	13	-11	121	9,307692308
10	7	3	9	1,285714286
5	3	2	4	1,333333333
2	1	1	1	1

$$\chi_{on}^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i} = 18,12142$$

Определим число степеней свободы $\nu = K - l - 1 = K - 3 = 10 - 3 = 7$, Проверим гипотезу с уровнем значимости $\alpha = 0,05$, что соответствует доверительной вероятности $P = 0,95$. По таблице приложения 3. $\chi_{кр}^2$ при найденном числе степеней свободы и уровне значимости равно $\chi_{кр}^2 = 14,067$. Отсюда $\chi_{on}^2 < \chi_{кр}^2$, следовательно данные выборки, характеризующие обводненность нефти из насосных скважин, не подчиняются нормальному закону распределения.

2) Воспользуемся Критерием Романовского. Для этого вычислим величину (4.13), $\left| \frac{\chi_{on}^2 - \nu}{\sqrt{2\nu}} \right| = \left| \frac{18,12142 - 7}{\sqrt{2 \cdot 7}} \right| = 2,97232 < 3$. Расхождение между эмпирическим и теоретическим распределением не существенно, что позволяет утверждать, что данные выборки, характеризующие обводненность нефти из насосных скважин по критерию Романовского подчиняются нормальному закону распределения. Очевидно, что опытное значение критерия Романовского очень близко к 3, то есть к критическому значению, что должно настораживать исследователя и данный результат может оказаться не достоверном.

3) воспользуемся приближенным критерием. Для этого вычислим асимметрию и эксцесс (4.7), (4.8), и их квадратичные отклонения (4.14), (4.15),

$$A_x = \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}} = \frac{(0,070348)}{(0,358236)^{3/2}} = 0,328095,$$

$$E_x = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} - 3 = \frac{0,373511}{(0,358236)^2} - 3 = -0,08952$$

$$S_{A_x} = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}} = 0,2389, S_{E_x} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}} = 0,4639,$$

Для полученных значений справедливы выражения $|A_x| > S_{A_x}$ и $|E_x| < S_{E_x}$ следовательно, в соответствии с условиями приближенного критерия выборочная совокупность не подчиняется нормальному закону распределения.

Вывод. Визуальная оценка эмпирической и теоретической кривой не дают однозначного ответа о нормальности распределения, критерий Романовского очень близок к критическому значению, приближенный критерий и критерий Пирсона отвергают гипотезу о нормальном распределении, поэтому с доверительной вероятностью $P = 0,95$ исследуемая выборка не подчиняется закону нормального распределения. Однако, поскольку имеются неоднозначные выводы в

данном анализе, для получения более достоверных результатов, можно дать пожелание о необходимости более точных данных или о работе с выборкой большего объёма.

Контрольная работа

«Первичная статистическая обработка экспериментальных данных»

Цель работы: На основании экспериментальных данных определить оптимальную оценку математического ожидания, наиболее приближенную к истинной величине. Графически изобразить результаты анализа выборки. Проверить гипотезу о нормальном распределении.

Программные продукты: Для выполнения работы использовать на выбор: OpenOffice Calc, Microsoft Excel или символьные пакеты вычислений, такие как Maxima или Wolfram Mathematica.

Отчет необходимо оформить в выбранном для расчета программном продукте или в Microsoft Word или OpenOffice Writer.

Методика выполнения контрольной работы

1. Упорядочить исходную выборку по возрастанию.
2. Вычислить средние значения, указанные в вашем варианте заданий. Вычислить дисперсии, квадратичные отклонения и сделать вывод об эффективности оценок на их основании.
3. Вычислить коэффициент вариации, указать относительную погрешность эксперимента. Построить доверительный интервал по правилу, указанному в вашем варианте. На основании построенного интервала указать точки, подлежащие отсеву.
4. По исходной выборке построить интервальный вариационный ряд, взять количество интервалов $k \approx \sqrt{n}$.
5. Согласно вашему варианту построить графические представления интервального вариационного ряда.
6. Произвести проверку распределения на нормальность, согласно указанному в варианте критерию.
7. Составить отчет по работе. Отчет должен включать в себя выводы по каждому из пунктов проделанной работы. Знать ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. События, наблюдения, эксперименты?
2. Случайная величина?
3. Непрерывные и дискретные случайные величины, примеры?
4. Совокупность, выборка, генеральная совокупность, объём выборки?
5. Математическое ожидание случайной величины?
6. Можно ли определить математическое ожидание для физической величины?
7. Оценка математического ожидания случайной величины?
8. Мода?
9. Средние значения случайной величины.
10. Методика вычисления арифметико-геометрического среднего?
11. Дисперсия случайной величины?
12. Число степеней свободы?
13. Стандартное отклонение случайной величины?
14. Коэффициент вариации, его смысл?
15. Можно ли указать вероятность правильности отсева точек находящихся за пределами стандартных границ?
16. Какова вероятность нахождения математического ожидания в пределах стандартных границ?
17. Доверительное отклонение?
18. Построения доверительных интервалов с указанным уровнем значимости?
19. Понятие вероятности?
20. Отличие вероятности события от частоты?
21. Функция плотности вероятностей случайной величины, её графические представления и геометрический смысл?
22. Методика построения дискретных и интервальных вариационных рядов.
23. Размах выборки?
24. Закон нормального распределения, его сущность, примеры?
25. Центрирование, обезразмеривание и стандартизация случайной величины?
26. Процедура проверки статистических гипотез?
27. Во что превратится гистограмма при бесконечном увеличении числа интервалов?
28. Классификация моментов?

29. Коэффициент асимметрии и эксцесс?

30. Критерии для проверки распределения на нормальность?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цивинский Д.К. Применение статистического метода анализа в нефтегазовом деле: Учеб. пособ./Д.Н.Цивинский. - 2-е изд., испр. и доп. - Самара: Самар, гос. техн. ун-т, 2014. - 377 с.
2. В. И. Губин, В. Н. Осташков. Статистические методы обработки экспериментальных данных: Учеб. пособие для студентов технических вузов.— Тюмень: Изд-во «ТюмГНГУ», 2007.—202 с.
3. Н.О.Фастовец, М.А.Попов Математическая статистика примеры, задачи и типовые задания /учебное пособие для нефтегазового образования -Москва 2012,-96с.
4. Калинина В.Н., Панкин В.Ф. Математическая статистика: Учебник для студ. сред. спец. учеб. заведений.— М.: Высшая школа, 2001.
5. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник.— М.: Машиностроение, 1985.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Критерий Стьюдента

Число степеней свободы ν	Уровень значимости α (двусторонняя критическая область)					
	0.10	0.05	0,02	0.01	0,002	0.001
1	6.3138	12.7062	12.7062	63.6567	318.3081	636.6189
2	2.9200	4.3027	4.3027	9.9248	22.3271	31.5991
3	2.3534	3.1824	3.1824	5.8409	10.2145	12.9240
4	2.1318	2.7764	2.7764	4.6041	7.1732	8.6103
5	2.0150	2.5706	2.5706	4.0321	5.8934	6.8688
6	1.9432	2.4469	2.4469	3.7074	5.2076	5.9588
7	1.8946	2.3646	2.3646	3.4995	4.7853	5.4079
8	1.8595	2.3060	2.3060	3.3554	4.5008	5.0413
9	1.8331	2.2622	2.2622	3.2498	4.2968	4.7809
10	1.8125	2.2281	2.2281	3.1693	4.1437	4.5869
11	1.7959	2.2010	2.2010	3.1058	4.0247	4.4370
12	1.7823	2.1788	2.1788	3.0545	3.92	4.3178
13	1.7709	2.1604	2.1604	3.0123	3.8520	4.2208
14	1,7613	2.1448	2.1448	2,9768	3.7874	4.1405
15	1.7531	2.1314	2.1314	2.9467	3.7328	4.0728
16	1.7459	2.1199	2.1199	2.9208	3.6862	4.0150
17	1.7396	2.1098	2.1098	2.8982	3.6458	3.9651
18	1.7341	2.1009	2.1009	2.8784	3.6105	3.9216
19	1.7291	2.0930	2.0930	2.8609	3.5794	3.8834
20	1.7247	2.0860	2.0860	2.8453	3.5518	3.8495
21	1.7207	2.07%	2.07%	2.8314	3,5272	3.8193
	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0001	0.0005
	Уровень значимости α (односторонняя критическая область)					

Число степеней свободы ν	Уровень значимости α (двусторонняя критическая область)					
	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
22	1.7171	2.0739	2.0739	2.8188	3.5050	3.7921
23	1,7139	2.0687	2.0687	2.8073	3.4850	3.7676
24	1.7109	2.0639	2.4922	2.7969	3.4668	3.7454
25	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874	3.4502	3.7251
26	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787	3.4350	3.7066
27	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707	3.4210	3.68%
28	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633	3.4082	3.6739
29	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564	3.3962	3.6594
30	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500	3.3852	3.6460
35	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238	3.3400	3.5911
40	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045	3.3069	3.5510
45	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896	3.2815	3.5203
50	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778	3.2614	3.4960
60	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603	3.2317	3.4602
70	1.6669	1.9944	1.3808	2.6479	3.2108	3.4350
80	1.6641	1.9901	2.3739	2.6387	3.1953	3.4163
90	1.6620	1.9867	2.3685	2.6316	3.1833	3.4019
100	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259	3.1737	3.3905
120	1.6577	1.9799	2.3578	2.6174	3.1595	3.3735
200	1.6525	1.9719	2.3451	2.6006	3.1315	3,3398
	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758	3.0902	3.2905
	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0001	0.0005
	Уровень значимости (односторонняя критическая область) α					

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Значения стандартизованного нормального распределения

z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,3989	0,3989	0,3989	0,3988	0,3986	0,3986	0,3982	0,3930	0,3977	0,3973
0,1	0,3970	0,3966	0,3961	0,3956	0,3951	0,3945	0,3939	0,3932	0,3925	0,3918
0,2	0,3910	0,3902	0,3894	0,3884	0,3876	0,3867	0,3857	0,3847	0,3836	0,3825
0,3	0,3814	0,3802	0,3790	0,3778	0,3765	0,3752	0,3739	0,3725	0,3712	0,3697
0,4	0,3683	0,3668	0,3653	0,3637	0,3621	0,3605	0,3589	0,3572	0,3555	0,3538
0,5	0,3521	0,3503	0,3485	0,3467	0,3448	0,3429	0,3410	0,3391	0,3372	0,3352
0,6	0,3332	0,3312	0,3292	0,3271	0,3251	0,3230	0,3209	0,3187	0,3166	0,3144
0,7	0,3123	0,3101	0,3079	0,3056	0,3034	0,3011	0,2989	0,2966	0,2943	0,2920
0,8	0,2897	0,2874	0,2850	0,2827	0,2803	0,2780	0,2755	0,2732	0,2709	0,2685
0,9	0,2661	0,2637	0,2613	0,2589	0,2565	0,2541	0,2516	0,2492	0,2468	0,2444
1,0	0,2420	0,2396	0,2371	0,2347	0,2323	0,2299	0,2275	0,2251	0,2227	0,2203
1,1	0,2179	0,2155	0,2131	0,2107	0,2083	0,2059	0,2036	0,2012	0,1989	0,1965
1,2	0,1942	0,1919	0,1895	0,1872	0,1849	0,1826	0,1804	0,1781	0,1758	0,1736
1,3	0,1714	0,1691	0,1669	0,1647	0,1626	0,1605	0,1582	0,1561	0,1539	0,1518
1,4	0,1497	0,1476	0,1455	0,1435	0,1415	0,1394	0,1374	0,1354	0,1334	0,1315
1,5	0,1295	0,1276	0,1257	0,1238	0,1219	0,1200	0,1182	0,1163	0,1145	0,1127
1,6	0,1109	0,1092	0,1074	0,1057	0,1040	0,1023	0,1005	0,0989	0,0973	0,0957
1,7	0,0940	0,0925	0,0909	0,0893	0,0878	0,0863	0,0848	0,0833	0,0818	0,0804
1,8	0,0790	0,0775	0,0761	0,0748	0,0734	0,0721	0,0707	0,0694	0,0681	0,0669
1,9	0,0656	0,0644	0,0632	0,0620	0,0608	0,0596	0,0584	0,0573	0,0562	0,0551
2,0	0,0540	0,0529	0,0519	0,0508	0,0498	0,0488	0,0478	0,0468	0,0459	0,0449
2,1	0,0440	0,0431	0,0422	0,0413	0,0404	0,0396	0,0387	0,0379	0,0371	0,0363
2,2	0,0355	0,0347	0,0339	0,0332	0,0325	0,0317	0,0310	0,0303	0,0297	0,0290
2,3	0,0283	0,0277	0,0270	0,0264	0,0258	0,0252	0,0246	0,0241	0,0235	0,0229
2,4	0,0224	0,0219	0,0213	0,0208	0,0203	0,0198	0,0194	0,0189	0,0184	0,0180
2,5	0,0175	0,0171	0,0167	0,0163	0,0158	0,0154	0,0151	0,0147	0,0143	0,0139
2,6	0,0136	0,0132	0,0129	0,0126	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110	0,0107
2,7	0,0104	0,0101	0,0099	0,0096	0,0093	0,0091	0,0088	0,0086	0,0084	0,0081
2,8	0,0079	0,0077	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0067	0,0065	0,0063	0,0061
2,9	0,0060	0,0058	0,0056	0,0055	0,0053	0,0051	0,0050	0,0048	0,0047	0,0046
3,0	0,0044	0,0043	0,0042	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036	0,0035	0,0034
3,1	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026	0,0025	0,0025
3,2	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0020	0,0020	0,0019	0,0018	0,0018
3,3	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014	0,0013	0,0013
3,4	0,0012	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010	0,0010	0,0009	0,0009
3,5	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0006
3,6	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004
3,7	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
3,8	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
3,9	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001

Критические точки распределения χ^2

Число степеней свободы k	Уровень значимости α					
	0,01	0,025	0,05	0,95	0,975	0,98
1	6,6	5,024	3,841	0,0039	0,00098	0,00016
2	9,2	7,378	5,991	0,103	0,051	0,020
3	11,3	9,348	7,815	0,352	0,216	0,115
4	13,3	11,143	9,488	0,711	0,484	0,297
5	15,1	12,832	11,070	1,15	0,831	0,554
6	16,8	14,449	12,592	1,64	1,24	0,872
7	18,5	16,013	14,067	2,17	1,69	1,24
8	20,1	17,535	15,507	2,73	2,18	1,65
9	21,7	19,023	16,919	3,33	2,70	2,09
10	23,2	20,483	18,307	3,94	3,25	2,56
11	24,7	21,920	19,676	4,57	3,82	3,05
12	26,2	23,336	21,026	5,23	4,40	3,57
13	27,7	24,736	22,362	5,89	5,01	4,11
14	29,1	26,129	23,685	6,57	5,63	4,66
15	30,6	27,488	24,996	7,26	6,26	5,23
16	32,0	28,845	26,296	7,96	6,91	5,81
17	33,4	30,191	27,587	8,67	7,56	6,41
18	34,8	31,536	28,869	9,39	8,23	7,01
19	36,2	32,852	30,144	10,1	8,91	7,63
20	37,6	34,170	31,410	10,9	9,59	8,26
21	38,9	35,479	32,671	11,6	10,3	8,90
22	40,3	36,781	33,924	12,3	11,0	9,54
23	41,6	38,076	35,172	13,1	11,7	10,2
24	43,0	39,364	36,415	13,8	12,4	10,9
25	44,3	40,646	37,652	14,6	13,1	11,5
26	45,6	41,923	38,885	15,4	13,8	12,2
27	47,0	43,194	40,113	16,2	14,6	12,9
28	48,3	44,461	41,337	16,9	15,3	13,6
29	49,6	45,722	42,557	17,7	16,0	14,3
30	50,9	46,979	43,773	18,5	16,8	15,0

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Вариант 00

- 2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
- 3. Стандартные границы
- 5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
- 6. Предварительная проверка на нормальность.

Согласно серии измерений, толщина фильтрационной корки глинистого раствора составляет, мм:

2.5, 2.4, 2.2, 2.1, 2.5, 4, 3.8, 3.7, 4.8, 3.3, 3.4, 2.1, 3.2, 2.2,
4.8, 4.2, 4.5, 4, 3.3, 3.3, 4.7, 2.6, 4.9, 4.6, 2.1, 4.7, 4.7, 3.4, 2.1,
4.1, 2.4, 2.8, 3.7, 2.3, 4, 2.7

Вариант 01

- 2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
- 3. Правило 1 сигма
- 5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
- 6. Критерий Пирсона.

Согласно серии измерений, толщина фильтрационной корки глинистого раствора составляет, мм:

3.3, 2.7, 5.9, 4.8, 3.2, 3, 5.4, 5.3, 3, 4.1, 3.6, 4.9, 3.6, 2, 5.9,
2.5, 5.6, 5.7, 5.3, 3.9, 2.1, 2.1, 5.7, 2.4, 2.7, 4.9, 3, 4.9, 5.4, 2.7,
2.4, 4.3, 4.7, 5.3, 3.9, 2.4, 2.5, 4.4, 5.2, 4.1

Вариант 02

- 2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
- 3. Правило 2 сигма
- 5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
- 6. Критерий Романовского.

Согласно серии измерений, толщина фильтрационной корки глинистого раствора составляет, мм:

2.4, 4.7, 3.6, 5.9, 4.8, 4.4, 2.4, 3.9, 3, 2.9, 3.5, 2.2, 4.0, 3.5, 5.9,
4.7, 2.9, 3.9, 3.0, 5.5, 5.3, 4.5, 3.2, 2.7, 2.3, 4.5, 3.3, 2, 2, 4.8,
4.1, 5.6, 4.3, 3.4, 5, 5.24, 2.2, 2.9, 4.8, 5.1, 3.7, 2.70705, 4.2, 4.9,
2.6, 5.9, 2.5

Вариант 03

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое

3. Правило 3 сигма

5. Эмпирическая функция распределения и кумулятивная кривая.

6. Приближенный критерий на нормальность

Согласно серии измерений, толщина фильтрационной корки глинистого раствора составляет, мм:

4.6, 2.1, 5.6, 2.9, 2.4, 1.9, 2.1, 3.9, 2.1, 4.7, 4.8, 3.6, 3.4, 5.7,
2, 1.9, 2.3, 2.6, 4.3, 3, 2.6, 5.1, 4.1, 2.9, 5.9, 4.5, 1.8, 3.4,
3, 1.6, 4, 1.9, 3.7, 4.3, 2.8, 2.2, 5.2, 2, 3.4, 5.7, 1.5, 2.1,
4.31, 1.9, 4.9, 1.9, 5.1, 3.7, 4.4, 4.9

Вариант 04

2. Среднее арифметическое, геометрическое, квадратичное

3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,1$

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i)

6. Предварительная проверка на нормальность

Согласно серии измерений, толщина фильтрационной корки глинистого раствора составляет, мм:

1.3, 3.8, 1.3, 6.8, 5, 3.9, 2.1, 4.1, 5.3, 6.9, 6.5, 2.4, 5.4, 2.1,
2.2, 2.6, 3.8, 1.4, 1.1, 5.6, 6,
1.1, 2.7, 6.7, 6.2, 2.2, 6.4, 6.8, 4.7, 1.2, 5.8, 6.9, 5.6, 2.3, 5.8, 5.4, 2.9, 1.8, 1.7, 3.1,
6.8, 1.1, 2.8, 5, 1.5, 6.7, 2.9, 6.6, 2.1, 5.3, 4

Вариант 05

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое

3. Стандартные границы

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Критерий Пирсона.

Объём фильтрата глинистого бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл.

20.1, 16.6, 31.6, 26.2, 12.6, 24.5, 29.5, 30.1, 22.1, 28.8, 29.6, 22.6, 29.2, 28, 22.4,
22.5, 18.8, 17.7, 25.7, 13.8, 25.7,
30.3, 26.6, 19.6, 28.3, 12.0, 10.5, 17.9, 21.1, 23.2, 29.9, 29.2, 15.6, 23.8, 10.1, 19.2,
24.6

Вариант 06

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое

3. Правило 2 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .

6. Критерий Романовского.

Объём фильтрата глинистого бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл.

29.8, 15.5, 27.6, 29.9, 16.5, 19.4, 30.2, 18.8, 23.6, 30.4, 27.5, 15.7, 22.1, 23.4, 20.5,
21.1, 20.4, 18.9, 19.7, 22.1, 15.2, 17.9,
22.8, 15.4, 17.9, 21, 20.3, 24.2, 31.7, 26.2, 24.5, 30, 29.6

Вариант 07

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое

3. Правило 3 сигма

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Приближенный критерий на нормальность

Объём фильтрата глинистого бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл.

25.7, 29, 25.8, 11.3, 19.1, 13, 15.2, 24.8, 11.3, 28, 19.5, 15.9, 29.6, 28.6,
13, 12.3, 28.3, 16.9, 14.7925, 13.5, 13.3, 30.7, 15.9, 20.6, 22.3, 21.9, 15.7, 28.2, 30.7,
20.6, 31.1, 24.5, 24.2, 11.6, 13.5, 18.7, 24,
20.6, 31.5, 14, 13.3, 19.3, 31.4, 15.7, 15.5

Вариант 08

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое

3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,05$

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .

6. Предварительная проверка на нормальность.

Объём фильтрата полимер-глинистого бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл.

8.5, 8.6, 6.5, 7.1, 7.1, 6.2, 5.9, 7, 7.4, 7.8, 6.9, 8.9, 6.9, 4.9,
8.4, 8.4, 6.2, 7.09544, 7, 8.5, 7.7, 5.7, 7., 6.4, 6.6, 6.5, 6.7, 6.8,
6.1, 5.1, 8.8, 5.1, 4.5, 4.6, 4.3, 6.2, 5.4, 4, 7.6

Вариант 09

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое

3. Правило 1 сигма

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Критерий Пирсона.

Объём фильтрата полимер-глинистого бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл.

4.5, 6.8, 4.1, 5.7, 4.7, 10.2, 6.3, 6.3, 10.2, 9.2, 5., 9.1, 9.4, 6.5,
4.7, 5.6, 8.3, 6.6, 5.7, 5.4, 7.7, 6.8, 5.8, 5.7, 8.4, 6.3, 4.5, 4.2,
5.3, 6.6, 7.4, 9, 7.2, 8.7, 6.8, 4., 7.2, 6, 4.9, 8.3

Вариант 10

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое

3. Стандартные границы

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .

6. Критерий Романовского.

Объём фильтрата полимер-глинистого бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл.

6.1, 6., 5.3, 7.4, 7.8, 5.8, 6.7, 10.6, 10.4, 9.4, 6.5, 6.8, 5.28487, 6.6, 8.5,
6.9, 8.4, 8.1, 7.5, 5, 6.4, 6.1, 9.8, 11.3, 7.5, 7.5, 11.1, 6.3, 10.8,
9.4, 9.2, 7.1, 9.7, 6.2, 11.8, 9.8, 11.7, 6.8, 11.3, 8.8

Вариант 11

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое

3. Правило 2 сигма

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Приближенный критерий на нормальность

Объёмная доля твёрдой фазы в хлоркальциевом буровом растворе составляет, %:

1.65, 2.09, 1.16, 2.59, 1.72, 0.6, 2.86, 3.13, 2.65, 2.42, 2.34, 0.88, 1.42, 1.42, 0.93,
0.77, 1.3, 2.97, 2.74, 1.79, 1.32, 2.78, 0.79, 2.35, 1.15, 1.04, 2.46, 1.22, 0.84, 0.94,
2.21, 1.64, 2.96, 2.51, 2.82, 1.54, 2.54

Вариант 12

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Правило 3 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Предварительная проверка на нормальность.

Объёмная доля твёрдой фазы в полимерном растворе составляет, %:

0.25, 0.81, 0.21, 0.79, 0.24, 0.22, 0.77, 0.40, 0.75, 0.6, 0.78, 0.68, 0.45, 0.61, 0.62,
0.38, 0.61, 0.21, 0.57, 0.87, 0.88, 0.75, 0.51, 0.41, 0.43, 0.33, 0.35, 0.30, 0.53, 0.56,
0.76, 0.61, 0.20, 0.51

Вариант 13

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,02$
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Пирсона.

Толщина фильтрационной корки полимерного бурового раствора, при фильтрации на фильтр-прессе 30 мин. составляет, мм:

0.82, 0.98, 0.66, 0.25, 0.99, 0.72, 0.27, 0.85, 0.92, 0.512965, 0.673358, 0.52, 0.62,
0.78, 0.69, 0.44, 0.79, 0.56, 0.27, 0.60, 0.31, 0.54, 0.23, 0.75, 0.42, 0.88, 0.69, 0.5,
0.78, 0.32, 0.73, 0.32, 0.64, 0.96, 0.28, 0.49, 0.55, 0.91

Вариант 14

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 1 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Романовского.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1036.79, 1024.5, 1035.16, 1031.27, 1033.16, 1020.72, 1036.94,
1035.73, 1028.51, 1023.54, 1025.83, 1034.95, 1037.23, 1029.95,
1022.32, 1036.61, 1036.5, 1031.26, 1022.84, 1032.71, 1025.07, 1021,
1024.25, 1033.52, 1037.79, 1027.65, 1020.67, 1033.84, 1038.44,
1037.27, 1030.22, 1030.14, 1023.09, 1026.99, 1036.38, 1039.3,
1028.21, 1038.25, 1038.34, 1034.59, 1026.55, 1020.76, 1031.22,
1031.41, 1029.26, 1037.6, 1024.59, 1030.68, 1023.58, 1034.06

Вариант 15

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Стандартные границы
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Приближенный критерий на нормальность

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1046.94, 1031.33, 1038.95, 1036.4, 1037.43, 1046.09, 1032.52,
1042.5, 1036.97, 1038.83, 1040.96, 1031.58, 1036.97, 1039.27,
1047.57, 1045.98, 1031.43, 1048.63, 1048.37, 1044.84, 1031.76,
1039.32, 1032.29, 1045.16, 1048.82, 1030.21, 1039.01, 1035.43,
1031.27, 1031.75, 1036.76, 1044.12, 1037.84, 1049.93, 1047.53,
1042.52, 1041.22, 1034.09, 1036.56, 1045.46, 1039.05, 1049.64,
1044.78, 1030.15, 1032.24, 1040.82, 1031.09, 1035.82, 1034.54

Вариант 16

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Правило 2 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Предварительная проверка на нормальность.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1046.88, 1052.53, 1058.02, 1042.04, 1041.88, 1046.35, 1051.02,
1048.42, 1054.72, 1045.15, 1053.34, 1043.22, 1040.2, 1049.2, 1055.24,
1052.13, 1056.97, 1046.29, 1053.48, 1040.79, 1046.25, 1049.79,
1040.09, 1059.24, 1050.17, 1041.37, 1054.46, 1047.55, 1050.28,
1040.92, 1040.48, 1056.9, 1048.4, 1049.02, 1054.9, 1057.32, 1041.11,
1045.09, 1056.96, 1050.13, 1059.36, 1042.05, 1053.37, 1046.21,
1058.45, 1052.78, 1051.21, 1053.41, 1056.43

Вариант 17

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Правило 3 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Пирсона.

Уловная вязкость бурового раствора составляет, с:

111.376, 116.525, 118.238, 119.273, 95.3305, 87.9814, 100.802, 114.628, 103.602,
95.6912, 82.2589, 84.9218, 103.447, 114.659, 107.43, 99.3366, 92.3643, 100.249,
116.483, 99.5116, 104.374, 101.532, 102.048, 118.559, 109.39, 91.2823, 114.067,
89.3054, 93.3921, 83.8577, 107.476, 89.9478, 90.8155, 114.748, 118.786, 109.657,
108.497, 87.7901, 114.518, 114.141, 115.778, 116.278, 119.439, 87.7324, 81.2116

Вариант 18

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,01$
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Романовского.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1321.18, 1294.7, 1330.1, 1248.13, 1264.33, 1313.85, 1235.9, 1251.31,
1306.97, 1267.39, 1232.98, 1335.83, 1209.8, 1290.23, 1327.59,
1297.45, 1287.31, 1311.35, 1226.94, 1213.7, 1337.4, 1239.03, 1277.89,
1315.83, 1289.18, 1259.15, 1325.95, 1319.59, 1311.61, 1275.95,
1290.82, 1250.58, 1333.36, 1249.88, 1260.73, 1323.69, 1208.06,
1324.38, 1254.42, 1259.74, 1336.12, 1224.58

Вариант 19

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Правило 1 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Приближенный критерий на нормальность

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

2.86, 1.91, 1.96, 2.91, 1.49, 2.03, 2.82, 1.47, 1.22, 2.88, 2.10, 1.05, 1.81, 1.94, 2.67,
1.83, 1.74, 1.56, 2.81, 1.94, 1.63, 2.54, 1.67, 2.42, 1.82, 1.17, 1.74, 1.65, 2.32, 1.99,
2.34, 2.71, 2.51, 2.57, 2.18, 2.51, 2.9, 2.41, 2.05, 1.04, 2.1, 2.51

Вариант 20

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Стандартные границы
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Предварительная проверка на нормальность.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

Условная вязкость бурового раствора составляет, с:

45.68, 64.06, 47.94, 51.26, 45.97, 47.45, 57.18, 47.86, 54.35, 45.13, 47.13, 64.78,
69.65, 69.41, 57.89, 62.07, 65.02, 60.34, 48.23, 49.97, 52.67, 78.26,
70.04, 73.64, 74.76, 78.83, 72.40, 70.84, 54.18, 68.77, 68.15, 52.59, 48.52, 67.16,
74.63, 70.23, 66.75, 76.73, 65.37, 72.73

Вариант 21

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Правило 2 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Пирсона.

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

113.463, 116.709, 135.04, 119.913, 135.606, 114.128, 115.19, 147.683, 106.592,
110.744, 136.907, 127.679, 118.916, 101.675, 138.182, 147.088, 138.044, 120.492,
142.189, 114.094, 134.147, 134.378, 147.636, 115.4, 144.022, 125.292, 102.522,
113.096, 143.62, 129.251, 120.229, 142.536, 104.599, 147.352, 115.379,
132.308, 126.124, 102.41, 122.625, 119.789, 126.414

Вариант 22

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 3 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Романовского.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1033.68, 1029.73, 1050.85, 1056.43, 1066.31, 1078.95, 1022.38, 1040.66, 1045.93,
1031.78, 1078.57, 1059.68, 1039.86, 1059.13, 1076.43, 1034.49, 1013.89, 1068.44,
1016.98, 1044.1, 1010.34, 1064.33, 1037.17, 1016.91, 1028.25, 1060.84, 1036.38,
1016.28, 1041.21, 1049.98, 1065.96, 1038.23, 1070.99, 1053.56, 1052.93,
1022.08, 1065.74, 1069.07, 1061.44

Вариант 23

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,002$
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Приближенный критерий на нормальность

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

15.2, 13.8, 13.2, 12.0, 16.9, 17.3, 17.2, 10.8, 17.8, 10.2, 16.3, 12.8, 11.1, 14.3, 14.9,
9.1, 16.8, 14.2, 11.5, 12.1, 13.1, 17.2, 9.9, 9, 16.3, 13.3, 17.4, 15.4, 9, 10, 17.3, 15.2,
15.2, 16.9, 16.8, 11, 15., 9, 17.9, 15.3, 14.5

Вариант 24

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Правило 1 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

2.21, 4.72, 2.79, 3.11, 4.6, 4.49, 2.53, 2.81, 4.01, 3.72, 3.58, 3.92, 2.70, 2.13, 4.15,
3.25, 3.29, 4.55, 2.21, 2.42, 4.62, 4.57, 4.60, 2.52, 2.33, 4.63892, 3.8822, 4.48248,
2.48, 4.13, 3.36, 4.67, 3.43, 2.66, 3.14, 4.67, 3.96, 3.88, 2.75

Вариант 25

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Стандартные границы
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Пирсона.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1021.33, 1039.56, 1023.28, 1011.02, 1034.91, 1037.11, 1039.9, 1026.34, 1039.47,
1012.35, 1021.17, 1013.17, 1043.81, 1014.18, 1023.21, 1012.76, 1043., 1026.83,
1044.73, 1018.2, 1012.85, 1040.19, 1032.07, 1010.75, 1041.03, 1020.74, 1018.26,
1030.42, 1022.51, 1024.23, 1016.45, 1044.5, 1021.23, 1036.46, 1020.11, 1031.91,
1027.29, 1037.38, 1034.22, 1022.76

Вариант 26

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Правило 2 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

96.12, 104.29, 103.15, 118.85, 118.48, 108.3, 106.39, 107.72, 97.18, 112.83, 110.84,
113.62, 111.25, 115.618, 111.84, 106.64, 116.44, 100.44, 99.91, 105.94, 113.613,
117.08, 99.35, 108.513, 112.943, 104.87, 110.95, 119.82, 96.69, 94.96, 98.67,
107.93, 100.88, 100, 101.48, 113.64, 119.09, 99.32

Вариант 27

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое

3. Правило 3 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .

6. Приближенный критерий на нормальность

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе собранный за 30 мин. составляет, мл:

7.3, 7, 4.2, 7.6, 6.7, 4.6, 4.5, 5.5, 4.4, 6.8, 6.8, 5.20734, 6.5, 5.5, 4.6,
8.9, 5.3, 7.9, 7.6, 7.7, 8.3, 8.1, 6.91, 4.7, 8.7, 4.7, 6.4, 6.3, 5.28, 8.4, 4.1, 4.3, 4.9, 8.7,
7.8, 4.5, 5.5, 5.5, 4.2, 5.9, 6.1

Вариант 28

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое

3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,001$

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Предварительная проверка на нормальность.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

2.73, 4.39, 4.84, 2.99, 3. 2.69, 3.62, 3.31, 3.15, 3.27, 2.73, 2.34, 4.61, 3, 4.46, 4.15,
2.43, 3.76, 2.50, 2.76, 2.58, 4.58, 2.64, 2.18, 2.94, 2.74, 3.53, 4. 2.63, 4.63, 2.99, 4.1

Вариант 29

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое

3. Правило 1 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .

6. Критерий Пирсона.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

16.4, 19.2, 20, 15.8, 15.9, 17.2, 20, 16.4, 15.1, 17.9, 15.5, 16, 16, 20.5, 17.5, 15.2,
17.2, 15.2, 15.3, 14.9, 17.8, 20.1, 20.8, 14.5417, 20.7, 18, 21.6, 14.1, 17.1, 18.6, 16.7,
17.1, 14.4, 16.1, 20.5, 15.4

Вариант 30

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Стандартные границы
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1103.14, 1142.95, 1105.7, 1120.11, 1145.92, 1134.43, 1112.3, 1123.73, 1148.04,
1102.59, 1119.92, 1148.37, 1113.58, 1112.35, 1138.47, 1101.12, 1109.4, 1112.2,
1101.79, 1137.53, 1104.13, 1144.08, 1145.04, 1121.71, 1115.43, 1128.33, 1136.92,
1146.64, 1106.31, 1146.04, 1112.1, 1134.03, 1140.58, 1124.74, 1148.24, 1145.49,
1117.44, 1108.69, 1100.09, 1117.04, 1119.52, 1142.9, 1103.09, 1139.1, 1111.38,
1105.55, 1104.38, 1144.23, 1119.82

Вариант 31

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 2 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Приближенный критерий на нормальность

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

1.02, 1.25, 2.91, 2.23, 1.21, 1.14, 1.50, 2.57, 2.06, 2, 2.74, 2.35, 2.58, 2.62,
1.29, 1.32, 1.6, 1.74, 1.54, 1.5, 1.53, 1.65, 2.19, 1.96, 1.14, 2.44, 2.6, 2.96,
2.99, 1.84, 1.25, 2.61, 2.94, 1.66

Вариант 32

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Правило 3 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1138.03, 1139.62, 1135.52, 1140.3, 1132.63, 1138.62, 1121.87,
1130.37, 1123.66, 1133.3, 1126.96, 1144.6, 1145.1, 1127.39, 1128.74,
1145.57, 1133.99, 1142.53, 1148.12, 1143., 1145.34, 1138.92, 1130.71,
1141.64, 1127.43, 1141.2, 1128.24, 1132.6, 1130.49, 1120.22, 1130.55,
1143.62, 1140.24, 1125.73, 1141.65, 1137.25, 1124.18, 1133.88,
1129.79, 1148.99, 1130.09, 1120.08, 1146.22, 1123.61, 1127.6, 1130.88

Вариант 33

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,1$
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Пирсона.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1076.53, 1113.81, 1109.62, 1087.51, 1070.44, 1082.79, 1070.63,
1100.46, 1098.55, 1100.3, 1115.11, 1084.84, 1094.28, 1080.65,
1086.17, 1113.45, 1094.17, 1081.04, 1119.14, 1118.82, 1095.39,
1093.71, 1079.41, 1112.56, 1105.29, 1084.92, 1077.03, 1096.4,
1091.77, 1096.26, 1112.99, 1092.92, 1088.01, 1111.78, 1070.82,
1099.56, 1102.4, 1073.81, 1085.05, 1101.19, 1088.87, 1084.28, 1092.71

Вариант 34

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Правило 1 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

2.33, 2.61, 1.89, 1.23, 1.55, 1.17, 0.93, 2.11, 0.99, 2.11, 1.03, 1.60, 1.05, 0.79, 2.71,
2.33, 1.76, 1.69, 2.79, 0.6, 2.23, 1.00, 1.8, 1.75, 2.15, 1.11, 0.82, 1.40, 1.31, 2.22,
2.97, 2.59, 1.79, 1.34

Вариант 35

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Стандартные границы
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Приближенный критерий на нормальность

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

16.8, 16, 15.4, 13.9, 14.8, 13.2, 16.2, 10.7, 11.7, 11.6, 16.3, 12.8, 10, 12.3,
11.9, 10.6, 12.5, 10.3, 11.9, 15.4, 16.5, 11, 12.1, 10.4, 16.2, 16.3, 10.6, 16.3, 12.6, 11,
13.3, 14.1348, 16.4, 11.5, 16.2, 16.8, 16.8, 12.4

Вариант 36

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Правило 2 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

151.822, 158.565, 141.38, 141.075, 128.928, 163.903, 142.988, 125.547, 154.964,
139.436, 122.034, 129.356, 120.561, 149.579, 143.455, 122.379, 150.773, 125.7,
164.836, 159.216, 146.839, 161.571, 130.411, 124.797, 154.89, 120.376, 134.561,
161.059, 133.927, 122.891, 133.3, 157.503, 155.671, 138.422, 123.511, 150.711,
131.54, 162.519, 139.995

Вариант 37

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 3 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Пирсона.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

10.5, 13.4, 11.9, 15.1, 14.3, 10.7, 15.2, 13., 9.8, 15.9, 14.3, 10.6, 12.6, 8.6,
9.8, 10.8, 11.4, 15.3, 14.9, 11.9, 14.9, 9.7, 9.3, 13.7, 14.7, 13.5, 11.5, 12.6, 8.6, 9.8,
12.2, 13.2, 15.8, 11.2, 10, 9.

Вариант 38

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,05$
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1082.93, 1076.29, 1081.86, 1093.53, 1103.88, 1057.74, 1097.,
1096.57, 1056.62, 1081.84, 1081.5, 1077.95, 1095.48, 1080.1, 1069.64,
1068.14, 1088.08, 1099.52, 1071.58, 1104.85, 1063.64, 1090.02,
1094.81, 1073.87, 1094.28, 1055.55, 1093.33, 1086.59, 1109.34,
1076.44, 1080.33, 1109.53, 1099.82, 1071.09, 1097.29, 1059.42,
1069.39, 1109.44, 1067.77, 1076.7, 1066.96, 1107.73, 1064.59

Вариант 39

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое

3. Правило 1 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .

6. Приближенный критерий на нормальность

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

2.03, 1.7, 2.07, 1.46, 3.14, 2.42, 2.77, 2.83, 1.81, 3.07, 2.12, 1.63, 1.45, 2.73, 2.53,
1.26, 2.14, 2.23, 2.44, 3.18, 2.06, 3.45, 2.60, 2.11, 1.56884, 1.71, 2.09532, 1.71, 2.89,
1.78, 3.23, 1.6323, 1.78, 1.05, 1.08, 1.1, 1.14

Вариант 40

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое

3. Стандартные границы

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Предварительная проверка на нормальность.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1122.86, 1083.93, 1090.47, 1121.6, 1100.48, 1123.62, 1084.88,
1120.82, 1095.99, 1095.89, 1083.2, 1097.09, 1115.64, 1110.26,
1098.22, 1107.32, 1114.4, 1094.16, 1102.6, 1120.11, 1115.68, 1119.67,
1110.95, 1091.54, 1083.2, 1099.71, 1123.16, 1096.68, 1123.55,
1099.59, 1112.09, 1098.97, 1097.7, 1081.01, 1084.45, 1115.23,
1092.05, 1093.69, 1083.89, 1107.91, 1091.05

Вариант 41

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое

3. Правило 2 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .

6. Критерий Пирсона.

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

122.311, 131.023, 119.241, 135.534, 135.073, 143.669, 134.105,
121.661, 132.909, 135.638, 143.393, 123.115, 121.311, 118.263,
137.959, 134.084, 142.943, 138.846, 145.328, 117.779, 141.15,
116.859, 137.94, 140.814, 137.242, 131.976, 137.825, 148.916, 116.17,
133.202, 148.466, 128.47, 139.302, 128., 119.609, 121.635, 123.117,
139.078, 121.205, 124.755, 137.012, 149.691, 115.503, 139.925,
145.733, 143.978, 122.949, 146.071

Вариант 42

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое

3. Правило 3 сигма

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Критерий Романовского.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

9.5, 5.8, 11.3, 6.7, 5.6, 7.7, 5.2, 10.3, 6.3, 5.4, 11.4315, 11.795, 7.3, 11.9,
7.8, 8.6, 6.10331, 5.46581, 5.36741, 7.6, 11.5, 9.9, 8.8, 11.7, 7.3, 9.8, 6.1, 6.2,
8.3, 8.8, 6.1, 7.2, 6.3

Вариант 43

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое

3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,02$

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .

6. Приближенный критерий на нормальность

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

2.29, 2, 2.91, 1.18, 2.76, 2.05, 1.40, 1.19, 1.43, 2.46, 1.85, 1.03, 1.2, 1.51, 2.41, 1.95,
2, 1, 1.12, 1.73, 2.39, 1.62, 1.09, 1.44, 2.17,
1.16, 1.33, 1.20, 1.88, 2.24

Вариант 44

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое

3. Правило 1 сигма

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Предварительная проверка на нормальность.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1042.07, 1030.31, 1066.9, 1031.67, 1044.48, 1078.93, 1067.09,
1031.02, 1063.36, 1050.3, 1078.13, 1039.61, 1043.74, 1054.22,
1073.72, 1044.34, 1063.05, 1078.19, 1062.76, 1047.53, 1069.62,
1077.81, 1063.93, 1035.85, 1032.98, 1037.25, 1075.24, 1042.29,
1034.1, 1067.22, 1076.69, 1051.46, 1066.38, 1050.88, 1034.89,
1064.07, 1049.84, 1032.27, 1069.9

Вариант 45

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Стандартные границы
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Пирсона.

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

117.853, 125.334, 118.196, 129.837, 123.716, 111.706, 120.303,
106.696, 134.274, 104.497, 116.933, 128.883, 107.427, 139.928,
118.814, 110.119, 107.003, 117.56, 141.543, 120.773, 127.567,
128.311, 131.202, 122.606, 122.45, 131.696, 130.937, 141.679,
125.032, 119.251, 131.929, 108.032, 137.567, 136.715, 104.997,
129.484, 108.49, 109.586, 111.482, 125.788, 116.035, 111.403,
141.295, 122.95, 131.449

Вариант 46

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Правило 2 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

22.4, 20.3, 22.2, 18.9, 17.6, 18, 17.8, 20.4, 16.2, 20.7, 20.4, 15.8, 18.4, 17.2, 18.2,
16.9, 19.1, 18.1, 21.7, 18.7, 20.5, 16.8, 15.8, 16.2, 20.6, 20.6, 18.8, 18, 19.5, 19.5,
20.8, 21.8, 16.4, 16.7, 19.9, 18.7, 16.7, 20.9, 21.1, 19.5, 21.3

Вариант 47

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 3 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Приближенный критерий на нормальность

Плотность бурового раствора составляет, кг / м³:

1064.6, 1050.79, 1051.07, 1055.56, 1074.75, 1081.87, 1060.39,
1058.09, 1063.86, 1060.37, 1070.45, 1053.74, 1049.45, 1064.79,
1070.25, 1065.99, 1074.46, 1084.52, 1079.27, 1047.72, 1068., 1047.75,
1052.48, 1050.01, 1048.86, 1076.21, 1084.47, 1058.52, 1083.24,
1061.24, 1059.94, 1074.85, 1080.21, 1083.56, 1061.84, 1050.45, 1062.18

Вариант 48

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,01$
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

4.02, 3.1, 3.24, 3.57, 4.88, 4.89, 4.45, 4.5, 3.24, 4.47, 3.29, 4.52, 2.29798, 2.25, 3.14,
4.79, 2.07, 4.61, 2.61, 3.07, 4.81, 4, 4.55, 2.42, 3.25, 2.41, 4.49, 2.74, 3.27, 2.57,
3.36, 4.22, 3.14, 3.87, 4.4, 4.14

Вариант 49

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Правило 1 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Пирсона.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1038.67, 1071.07, 1033.12, 1039.7, 1057.98, 1077.39, 1042.31, 1043.81, 1072.91,
1067.7, 1058.15, 1041.04, 1059.14, 1065.92, 1054.59, 1075.11, 1062.18, 1072.45,
1072.38, 1033.88, 1069.59, 1047.92, 1039.71, 1034.28, 1039.77, 1067.22, 1053.28,
1048.09, 1060.6, 1047.03, 1060.46, 1060.98, 1033.31, 1062.85

Вариант 50

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Стандартные границы
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1128.94, 1131.37, 1138.47, 1122.53, 1125.19, 1136.53, 1128.22,
1129.24, 1139.39, 1134.51, 1153.26, 1145.22, 1154.3, 1148.21,
1136.62, 1128.62, 1129.85, 1153.76, 1150.93, 1134.39, 1127.42,
1131.04, 1146.86, 1148.45, 1127.36, 1132.51, 1147.1, 1123.87,
1141.16, 1137.33, 1122.91, 1153.97, 1135.06, 1139.26, 1137.18,
1122.1, 1128.01, 1122.05

Вариант 51

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 2 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Приближенный критерий на нормальность

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1116.38, 1113.03, 1137.53, 1135.53, 1141.4, 1133.21, 1128.13,
1127.02, 1114.83, 1129.16, 1113.77, 1122.87, 1117.43, 1131.43,
1113.62, 1132.92, 1149.29, 1143.54, 1137.9, 1111.56, 1115.56,
1115.42, 1147.32, 1147.41, 1121.6, 1147.19, 1142.08, 1132.08,
1140.72, 1118.87, 1116.34, 1131.59, 1116.08

Вариант 52

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Правило 3 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Объемная доля твердой фазы в буровом растворе составляет, %:

4.03, 3.1, 3.24, 3.57, 4.88, 4.89, 4.45, 4.5, 3.24, 4.47, 3.29, 4.52, 2.29, 2.25, 3.14,
4.79, 2.07, 4.61, 2.67, 3.07, 4.81, 4.06, 4.55, 2.42, 3.25, 2.41, 4.49, 2.74, 3.27, 2.57,
3.36, 4.22, 3.14, 3.87, 4.4, 4.14

Вариант 53

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,002$
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Пирсона.

Объем фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

19.6, 17, 11.2, 11.3, 17.4, 14.1, 11.6, 13.8, 11.3, 14.2, 13, 12, 15.9, 19.5,
16.6, 15.5, 16.1, 18, 16.9, 17.5, 15.6, 14.6, 18.8, 17.9521, 12.3, 15.5, 17.6, 16.3, 11.3,
18.2, 12.3484, 13.9, 12.6, 17.0, 15.4, 14, 16.6, 14.1

Вариант 54

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 1 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

114.75, 133.184, 126.382, 124.806, 138.67, 110.766, 118.747, 117.104, 110.519, 111.754, 123.275, 129.371, 137.935, 112.971, 138.472, 113.107, 116.413, 137.822, 136.733, 132.461, 137.884, 116.963, 117.16, 105.128, 115.793, 128.035, 104.794, 108.11, 125.158, 105.408, 104.338, 104.816, 116.611, 121.256, 120.862, 117.022

Вариант 55

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Стандартные границы
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Приближенный критерий на нормальность

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

117.493, 126.9, 133.24, 110.524, 135.378, 110.955, 128.342, 112.108, 133.644, 122.333, 115.741, 129.122, 124.026, 124.371, 113.669, 124.7, 139.521, 123.069, 122.775, 114.699, 121.614, 115.551, 120.98, 126.813, 123.371, 124.611, 134.294, 114.582, 133.088, 131.607, 128.085, 135.446, 131.326, 133.113, 127.02, 131.887,

Вариант 56

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Правило 2 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

4.97, 2.16, 1.19, 1.52, 3.1, 2.28, 3.58, 3.98, 1.44, 2.73, 4.15, 3.3, 3.07, 4.03, 4.15, 2.37, 4.83, 2.33, 2.81285, 4.91, 1.91, 3.92, 2.5, 1.64, 2.07, 4.16, 4.7, 2.16, 1.93, 1.65, 1.44, 3.97, 3.95, 4.54, 4.273, 4.2

Вариант 57

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое

3. Правило 3 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .

6. Критерий Пирсона.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

4.43, 3.97, 2.64, 4.78, 4.90, 4.43, 2.52, 2.64, 2.74, 3.28, 3.86, 2.01, 2.43, 3.10, 4.94,
3.04, 4.53, 2.02, 4.05, 3.25, 2.77, 4.64, 3.81, 2.41, 4.55, 4.86, 2.37, 4.4, 4.1, 2.95,
2.23, 4.43, 2.73, 4.73, 2.07

Вариант 58

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое

3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,001$

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Критерий Романовского.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1127.28, 1153.46, 1107.94, 1114.69, 1142.05, 1119.12, 1143.76, 1123.62, 1156.22,
1114.86, 1129.81, 1107.85, 1151.81, 1107.78, 1123.52, 1146.19, 1156.89, 1158.41,
1103.77, 1118.78, 1157.86, 1122.67, 1153.2, 1106.46, 1114.29, 1119.12, 1158.99,
1129.65, 1119.38, 1155.15, 1109.49, 1121.52, 1146.38, 1104.71, 1140.53, 1125.88,
1135.75, 1123.01, 1157.45, 1130.88, 1150.38, 1126.6, 1157.28, 1157.33, 1116.29,
1111.57, 1140.93, 1132.13, 1154.47, 1126.88

Вариант 59

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое

3. Правило 1 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .

6. Приближенный критерий на нормальность

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

6.6, 4.9, 7.6, 5.1, 3.5, 5.1, 4.5, 4.7, 5.4, 8.8, 8.7, 8.1, 5.2, 8,
6.6, 6.4, 3.6, 7.4, 6.4, 8.2, 7.5, 8.9, 4.5, 3.4, 7.3, 7.9, 3.6, 4,
8.5, 7.4, 8.2, 5.2, 7, 3.8, 3.8, 4.9, 8.2, 6.1, 3.4, 4.4, 5, 6.9, 8.2, 7.6, 7.3, 3.1

Вариант 60

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Стандартные границы
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

148.551, 141.231, 148.808, 145.369, 128.033, 126.687, 150.556, 130.515, 144.528,
155.024, 133.854, 155.986, 129.865, 152.806, 152.27, 128.135, 136.527, 147.404,
128.423, 145.403, 136.389, 152.325, 137.713, 146.948, 143.94, 151.261, 142.568,
153.127, 153.11, 127.939, 150.955, 140.025, 135.164, 134.622, 131.523, 137.235,
144.15, 138.744, 152.33

Вариант 61

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 2 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Пирсона.

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

123.078, 110.514, 124.434, 113.134, 126.135, 107.972, 126.162, 114.069, 132.301,
124.082, 132.071, 131.646, 114.686, 130.579, 124.176, 126.96, 108.853, 117.923,
109.882, 108.505, 126.708, 128.492, 131.084, 130.75, 119.867, 123.765, 137.029,
129.646, 130.308, 137.389, 117.645, 111.757, 125.406, 130.979, 122.346,
120.124, 124.678, 126.729, 124.06, 128.909

Вариант 62

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Правило 3 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1116.86, 1115.36, 1081.11, 1109.86, 1101.63, 1107.85, 1088.83, 1117.97, 1087.68,
1095.85, 1119.16, 1102.66, 1098.19, 1103.28, 1113.98, 1098.7, 1104.85, 1097.07,
1082.17, 1106.68, 1111.21, 1118.02, 1088.19, 1099.49, 1105.17, 1103.47, 1106.99,
1107.69, 1082.72, 1098.73, 1080.96, 1082.54, 1102.44, 1095.3, 1112.58, 1081.37

Вариант 63

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,1$
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .

6. Приближенный критерий на нормальность

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

2.88, 2.59, 2.32, 2.66, 2.81, 2.93, 2.71, 2.9, 2.39, 2.21, 2.85, 2.57, 2.86, 2.69, 2.24,
2.44, 2.53, 2.44, 2.22, 2.5, 2.77, 2.92, 2.51, 2.72, 2, 2.56, 2.12, 2.97, 2.66, 2.29, 2.58,
2.48, 2.32, 2.27, 2.80

Вариант 64

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 1 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Предварительная проверка на нормальность.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

7.5, 4.9, 8.3, 6.7, 5.1, 7.1, 8.4, 9.8, 6.1, 6.5, 8.9, 6, 9.9, 7.1, 8.2, 10.1, 10.5, 9.8, 7, 7.6,
9.9, 5.9, 5, 4.3, 9.3, 9.4, 6.8, 7.8, 5.2, 4.8, 5.6, 5.9, 5.8, 7.5, 5.6, 6.1, 4.4, 10.7, 6.2, 6

Вариант 65

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Стандартные границы
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .

6. Критерий Пирсона.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1121.85, 1131.43, 1144.83, 1098.03, 1134.3, 1133.86, 1091.28, 1143.95, 1093.04,
1140.69, 1124.34, 1105.66, 1109.72, 1121.85, 1139.85, 1134.81, 1101.1, 1134.33,
1108.23, 1116.5, 1139.24, 1100.12, 1129.22, 1102.29, 1141.67, 1103.97, 1144.3,
1111.17, 1113.17, 1116., 1109.34, 1112.37, 1120.13, 1131.76, 1128.71, 1128.25

Вариант 66

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 2 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

3.66, 1.57, 1.55, 2.05, 2.18, 2.39, 3.31, 3.97, 1.74, 1.204, 3.92, 1.89, 2.76, 1.68, 2.83, 1.47, 1.05, 2.8, 2.45, 3.57, 1.20, 1.94, 2.89, 1.93, 2.88, 1.47094, 1.83, 2.36, 3.58, 2.1, 1.04, 3.96, 2.18284, 3.86, 2.67, 3, 1, 2.1, 2.70, 1.74

Вариант 67

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Правило 3 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Приближенный критерий на нормальность

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

104.812, 112.285, 109.129, 102.026, 113.402, 109.815, 100.39, 103.019, 119.636, 102.12, 109.331, 115.183, 105.436, 122.478, 106.119, 124.967, 114.644, 104.443, 120.576, 122.794, 102.219, 119.574, 101.966, 125.1, 105.639, 117.26, 113.94, 105.576, 123.174, 109.837, 119.795, 123.729, 108.43, 128.523

Вариант 68

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,05$
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1086.37, 1081.78, 1096.4, 1090.3, 1088.4, 1099.88, 1073.51, 1105.23, 1082.5, 1068.24, 1104.56, 1107.74, 1078.33, 1061.47, 1097.54, 1088.51, 1085.26, 1075.19, 1100.75, 1060.99, 1084.15, 1074.24, 1065.54, 1088.93, 1098.23, 1087.37, 1074.22, 1068.19, 1094.43, 1086.42, 1088.75, 1088.79, 1085.18, 1061.75, 1085., 1089.14

Вариант 69

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое

3. Стандартные границы

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .

6. Критерий Пирсона.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

9.8, 6.4, 4.9, 4.3, 8.8, 9, 7.1, 4.5, 6.9, 7.5, 9.6, 4.5, 9.7, 7.3, 6.1, 8.2, 10.3, 10, 7.8, 9.1, 4.9, 6.2, 9, 5.4, 9.3, 6.4, 9.2, 4.4, 7.6, 7.7, 5.5, 7.5, 9.4, 7.9, 8, 9.1, 5.5, 6.6, 8.3, 10.4,

Вариант 70

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое

3. Правило 2 сигма

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Критерий Романовского.

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

136.256, 139.671, 128.403, 119.763, 113.128, 125.855, 126.29, 113.602, 137.593, 118.453, 115.971, 130.859, 131.877, 119.861, 133.312, 131.607, 119.394, 128.162, 123.977, 127.898, 133.412, 120.809, 128.807, 134.128, 115.848, 136.056, 115.789, 128.997, 116.088, 114.924, 117.711, 120.31, 125.223, 113.408, 132.898, 127.92, 127.459, 139.654

Вариант 71

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое

3. Правило 3 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .

6. Приближенный критерий на нормальность

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

1.6, 3.48, 2.42, 3.20, 2.2, 2.07, 1.48, 1.01, 1.15, 2.41, 2.64, 3.47, 3.33, 1.91, 3.12, 3.32, 3.13, 2.29, 2.8, 2.82, 2.22, 2.37, 1.46, 3.12, 2.64, 2.52, 1.39, 2.94, 1.23, 1.98, 2.28, 2.65, 2.78, 1.20, 2.94, 3.1, 1.85, 2, 2.67, 2.81, 2.47, 2.56, 2.96

Вариант 72

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,02$
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

12.5, 9.3, 11.2, 10.8, 11.5, 13.8, 14, 14.9, 14.4, 9.7, 12.9, 12.7, 11.4, 12.5, 11.9, 13.1, 8.5, 14.7, 12.5, 8.7, 11.3, 11.2, 8.5, 10.3, 12, 11.2, 14.5, 14.9, 11.1, 9.1, 9.8, 10.9, 13.8, 12.1, 12.0, 14.9

Вариант 73

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Стандартные границы
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Пирсона.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1087.33, 1097.99, 1109.09, 1118.87, 1080.7, 1111.1, 1102.87, 1090.06, 1082.09, 1083.11, 1115.66, 1102.51, 1097.5, 1119.74, 1116.2, 1110.62, 1097.35, 1084.11, 1107.31, 1090.09, 1113.07, 1104.9, 1101.31, 1098.69, 1099.17, 1089.7, 1122.81, 1124.7, 1096.75, 1110.95, 1076.59, 1100.74, 1075.53, 1117.01

Вариант 74

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Правило 3 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1070.87, 1067.67, 1097.08, 1064.75, 1073.34, 1075.42, 1071.06, 1071.09, 1086.31, 1074.54, 1072.5, 1082.69, 1080.72, 1082., 1090.44, 1073.44, 1086.81, 1093.66, 1075.24, 1097.35, 1090.41, 1095.25, 1073.81, 1089.4, 1105.3, 1066.64, 1073., 1083.32, 1107.49, 1107.14, 1085.57, 1067.81, 1088.09, 1107.77, 1091.31, 1106.62, 1071.14, 1109.06, 1070.12

Вариант 75

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,01$
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .

6. Приближенный критерий на нормальность

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

1.61, 2.86, 2.16, 2.43, 2.09, 2.54, 1.8, 2.50, 2.74, 2.65, 1.84, 2.02, 2.59, 2.54, 1.69,
2.36, 2.69, 2.74, 2.78, 2.64, 2.45, 2.62, 2.88, 2.59, 2.63, 1.5, 2.45, 2.11, 1.98, 1.99,
1.93, 2.84, 2.83, 1.94, 2.39, 2.89, 2.59, 2.35, 2.93, 2.82, 1.97, 2.05, 1.58

Вариант 76

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Правило 1 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Предварительная проверка на нормальность.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

7.7, 1.4, 6.5, 16.09, 9.5, 10, 8.3, 11.2, 14.2, 11.4, 14.1, 16.9, 16.6, 11.8, 5, 12, 7, 13.2,
4, 4.6, 5.4, 5.4, 6, 16.4, 9, 11.4, 4.8, 15.6, 12.6, 7.1

Вариант 77

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Стандартные границы
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .

6. Критерий Пирсона.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

2.12, 3.59, 1.89, 2.84, 3.69, 4.86, 3.55, 2.58, 4.38, 4.01, 4.86, 3.95, 4.41, 4.96, 3.67,
3.62, 1.81, 4.33, 2.44, 3.90, 4.67, 4.0, 3.51, 4.66, 1.92, 2.69, 2.7, 4.71, 4.15, 1.8, 3.91,
4.23, 3.12, 2.05, 2.06, 3.14, 2.61, 2.56, 3.24, 4.93, 4.53

Вариант 78

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Правило 2 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Критерий Романовского.

Плотность бурового раствора составляет, кг / м³:

1127.85, 1033.25, 1175.64, 1090.86, 1114.63, 1168.64, 1140.42, 1157.01, 1172.62,
1057.23, 1138.06, 1089.4, 1060.22, 1085.64, 1041.07, 1152.14, 1039.5, 1165.33,
1124., 1104.78, 1142.12, 1077.6, 1166.77, 1105.55, 1174.1, 1039.06, 1044.08,

1039.97, 1083.39, 1030.09, 1056.47, 1137.58, 1039.69, 1095.89, 1080.49, 1129.61,
1071.13, 1122.38, 1065.35, 1075.75

Вариант 79

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое

3. Правило 3 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .

6. Приближенный критерий на нормальность

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1078.22, 1055.1, 1076.03, 1050.16, 1081.84, 1025.04, 1030.51, 1059.86, 1055.01,
1029.06, 1032.18, 1056.39, 1087.23, 1041.46, 1040.99, 1087.25, 1077.7, 1067.98,
1067.17, 1074.11, 1072.93, 1034.42, 1088.67, 1066.55, 1087.61, 1077.79, 1082.39,
1086.61, 1077.79, 1083.77, 1031.91, 1042.63, 1038.02, 1085.64, 1082.55,
1027.32, 1068.86, 1059.79, 1047.65, 1068.21, 1050.5, 1071.63

Вариант 80

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое

3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,002$

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Предварительная проверка на нормальность.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет,
мл:

16, 11.9, 13.4, 11.7, 12.9, 11.2, 12.03, 14.5, 14.7, 12.0452, 11.7209, 16.2, 13.9, 16,
15.1, 16.7, 16.9, 11, 11.9, 14.0531, 16.9, 13.2, 16.2, 13.6, 13.9, 14.5, 14.1, 16.5, 12.3,
16.5, 16.7, 11.8, 14.6, 13.3

Вариант 81

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое

3. Правило 1 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .

6. Критерий Пирсона.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

0.54, 0.50, 0.58, 0.82, 0.65, 1.81, 2.14, 0.57, 0.67, 0.68, 0.34, 1.78, 0.73, 0.74, 1.36,
0.78, 0.32, 1.25, 0.33, 0.89, 1.84, 1.12, 1.98, 1.58, 1.47849, 1.57881, 2.08, 1.61, 0.49,
1.55, 0.43, 0.88, 1.73, 0.44, 1.5, 1.45, 1.70, 0.87, 1.31, 0.56, 1.31, 0.98, 2.04, 0.41,
0.40, 0.89, 2.09, 1.56, 1.03198, 1.4, 1.89, 1.7

Вариант 82

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Стандартные границы
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

0.53, 0.79, 0.57, 0.61, 0.53, 0.67, 0.71, 0.71, 0.71, 0.74, 0.7, 0.53, 0.54,
0.58, 0.57, 0.53, 0.66, 0.76, 0.510634, 0.52, 0.72, 0.65, 0.74, 0.53, 0.54, 0.77, 0.57,
0.58, 0.58, 0.79, 0.57, 0.59, 0.62, 0.76, 0.71, 0.77, 0.56, 0.5, 0.63, 0.6, 0.63, 0.6, 0.71,
0.61, 0.6, 0.7, 0.66

Вариант 83

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 2 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Приближенный критерий на нормальность

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

1.88, 1.93, 2.42, 1.04, 2.17, 0.97, 1.61, 1.99, 2.39, 1.39, 2.03, 1.75, 0.80, 1.96, 1.70,
1.19, 2.55, 2.62, 1.05, 1.83, 2.54, 1.96, 0.89, 2.95, 1.4, 1.6, 1.4, 2.65, 2.45, 0.97, 2.32,
2.61, 2.07

Вариант 84

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Правило 3 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1068.08, 1090.3, 1072.9, 1055.58, 1042.88, 1044.02, 1085.55, 1056.03, 1043.08,
1045.81, 1075.89, 1057.44, 1095.29, 1066.26, 1090.14, 1094.94, 1077.44, 1087.3,
1070.7, 1056.52, 1067.22, 1067.08, 1094.02, 1095.91, 1076.72, 1069.55, 1074.19,
1045.11, 1078.86, 1053.7, 1045.89, 1076.44, 1090.83, 1071.3, 1067.64, 1053.47

Вариант 85

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,001$
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Пирсона.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

3.0, 2.84, 2.85, 3.09, 3.01, 3.45, 2.36, 3.04, 3.04, 2.84, 2.71, 2.18, 3.66, 2.73, 2.09,
1.77, 3.03, 2.24, 1.98, 3.29, 3.30, 3.96, 2.19, 1.41, 2.1, 2.69, 3.67, 2.31, 2.37, 1.60,
3.19, 2.94, 3.28

Вариант 86

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Правило 1 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

19.8, 17.7, 18.9, 17.1, 14, 19.7, 15.7, 20.9, 19.4, 15.4, 18.7, 15.6, 19, 19.5,
18.3, 20.9, 18.5, 16.4, 15.4, 18.4, 18.4, 17, 16.5, 20.2, 16.6, 19.4, 19.2, 16,
16.4, 16.3, 20.2, 15, 18.3, 19.1, 20.7, 19.8, 15.8, 15.3, 19.4, 18.1, 20.7

Вариант 87

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Стандартные границы
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Приближенный критерий на нормальность

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

133.026, 116.668, 135.99, 148.763, 138.336, 132.095, 148.212,
120.442, 139.743, 115.578, 118.18, 117.881, 145.86, 147.732, 133.84,
144.954, 127.549, 115.199, 141.442, 124.515, 118.408, 143.389,
116.711, 134.633, 127.798, 117.085, 147.658, 115.682, 143.116,
117.052, 120.697, 127.376, 136.975, 131.787, 123.275

Вариант 88

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Правило 2 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1034.99, 1037.84, 1080.71, 1064.73, 1063.47, 1051.33, 1071.93, 1080.25, 1065.82,
1030.24, 1063.49, 1027.23, 1053.7, 1078.72, 1066.9, 1054.63, 1053.63, 1028.62,
1065.17, 1080.12, 1052.62, 1057.91, 1048.72, 1082.42, 1071.69, 1055.66, 1075.03,
1041.15, 1066.11, 1069.4, 1032.94, 1081.24, 1077.04, 1026.07, 1045.94,
1039.19, 1045.39, 1071.07

Вариант 89

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Правило 3 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .
6. Критерий Пирсона.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

3.83, 2.53, 5.89, 3.26, 4.27, 2.50, 4.81, 4.57, 3.14, 5.16, 3.60, 5.49, 3.74, 5.34, 3.19,
5.36, 3.45, 4.20, 2.41, 4.71, 3.93, 5.79, 4.05, 4.82, 5.92, 2.6, 4.64

Вариант 90

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,1$
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1074.97, 1047.88, 1055.46, 1057.64, 1054.5, 1047.91, 1061.68, 1074.86, 1081.23,
1086.82, 1073.78, 1045.76, 1086.73, 1094.35, 1093.08, 1057.98, 1092.98, 1082.21,
1075.21, 1074.05, 1047.51, 1053.12, 1053.85, 1057.17, 1066.74, 1088.91, 1066.22,
1067., 1080.18, 1060.6, 1047.83, 1067.19, 1079.41, 1091.36, 1085.95, 1094.62,
1053.37, 1067.62, 1091.74, 1078.02

Вариант 91

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое

3. Правило 1 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .

6. Приближенный критерий на нормальность

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

13.7, 14.1, 7.2, 9, 14.4, 15.5, 8.9, 13.7, 9.2, 15, 10.7, 14.5, 10.8, 14.2, 10.9,
10.2, 12.5, 9, 7.7, 15.2, 14.3, 13.7, 7.2, 15.3, 8.7, 12.1, 13.9, 7, 12.8, 7.1, 11.7, 12.7,
9.4, 8.7, 15.9, 15.3, 11.7, 10.4

Вариант 92

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое

3. Стандартные границы

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Предварительная проверка на нормальность.

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1098.17, 1127.36, 1110.56, 1118.66, 1102.63, 1111.54, 1084.65,
1118.7, 1125.06, 1091.86, 1129.24, 1095.03, 1082.77, 1120.67, 1097.,
1126.5, 1081.7, 1107.91, 1118.37, 1112.19, 1080.72, 1111.61, 1118.19,
1116.3, 1105.27, 1093.95, 1103.01, 1104.9, 1117.92, 1094.73, 1080.91,
1101.16, 1127.91, 1128.94, 1096, 1117.75

Вариант 93

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое

3. Правило 1 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .

6. Критерий Пирсона.

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

4.27, 3.90, 4.94, 3.69, 5.47, 3.18, 5.97, 4.04, 3.08, 4.07, 5.57, 5.39, 3.27, 3.27, 5.54,
3.73, 5.02, 3.79, 5.15, 5.10, 3.35, 5.04, 3.46, 5.46

Вариант 94

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое
3. Правило 2 сигма
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Критерий Романовского.

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

138.788, 122.054, 121.222, 127.26, 123.493, 115.35, 111.335, 118.835, 135.839,
119.84, 134.124, 117.745, 137.598, 108.474, 124.212, 137.29, 127.731, 138.768,
126.518, 121.394, 124.352, 110.876, 120.434, 131.301, 129.621, 117.261, 121.61,
135.543, 136.775, 122.922, 131.268, 121.06, 109.598

Вариант 95

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое
3. Правило 3 сигма
5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .
6. Приближенный критерий на нормальность

Объёмная доля твёрдой фазы в буровом растворе составляет, %:

1.94, 1.59, 3.88, 5.88, 5.27, 2, 4.09, 3.36, 3.93, 2.02, 5.80, 4.30, 1.74, 4.4, 3.77, 2.07,
4.46, 5.52, 3.16, 4.57, 1.76, 5.1, 4.32, 3.73, 4.67, 2.88, 3.82, 1.55, 5.07, 3.82, 3.36,
3.72, 3.6, 2.87, 4.39, 2.86, 3.15, 4.02

Вариант 96

2. Среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое
3. Доверительный интервал с уровнем значимости $\alpha = 0,05$
5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.
6. Предварительная проверка на нормальность.

Плотность бурового раствора составляет, кг / м³:

1070.65, 1045.64, 1076.98, 1077.86, 1056.93, 1040.21, 1083.19, 1050.34, 1061.3,
1094.89, 1057.09, 1093.36, 1081.73, 1066.98, 1064.29, 1045.12, 1052.08, 1064.63,
1085.65, 1086.04, 1049.77, 1093.4, 1061.91, 1084.48, 1063.19, 1057.84, 1061.15,
1066.86, 1087.63, 1047.73, 1076.89, 1051.26, 1045.13, 1081.13, 1040.16

Вариант 97

2. Среднее арифметическое, гармоническое, кубическое

3. Стандартные границы

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, n_i) .

6. Критерий Пирсона.

Объём фильтрата бурового раствора на водной основе за 30 мин. составляет, мл:

16, 26.5, 16.8, 28.3, 25, 25.7, 24, 18.2, 27.9, 13, 16, 19.3, 14.6, 20.4,
14.4, 15.6, 20, 16.7, 14, 22.4, 17.7, 13.6, 21.7, 27.3, 20, 21.4715, 22.6, 20.2, 25.5,
27.3, 15.9, 14.8, 25.8, 19, 16.4, 23.9837, 16.6

Вариант 98

2. Среднее арифметическое, квадратичное, кубическое

3. Правило 2 сигма

5. Эмпирическая функция распределения и кумулята.

6. Критерий Романовского.

Условная вязкость бурового раствора составляет, с.:

132.17, 121.538, 129.282, 143.958, 139.98, 141.709, 128.863,
127.899, 125.625, 140.336, 135.377, 125.053, 143.759, 141.673,
123.956, 127.794, 131.544, 125.395, 131.886, 138.148, 129.083,
123.344, 131.961, 121.422, 131.322, 120.868, 122.16, 136.903,
128.823, 142.02, 144.774, 134.46, 124.394, 126.398, 128.855

Вариант 99

2. Среднее арифметическое, геометрическое, арифметико-геометрическое

3. Правило 3 сигма

5. Гистограмма и полигон частот в координатах (x_i, h_i) .

6. Приближенный критерий на нормальность

Плотность бурового раствора составляет, $кг / м^3$:

1104.16, 1074.19, 1101.57, 1075.38, 1093.42, 1071.84, 1096.51,
1078.45, 1080.71, 1104.13, 1072.44, 1071.23, 1086.83, 1072.59,
1104.88, 1086.47, 1109.42, 1081.18, 1109.7, 1079.25, 1073.68,
1107.89, 1096., 1079.91, 1089.83, 1109.05, 1086.63, 1078.35, 1071.95,
1097.83, 1109.42, 1092.76, 1077.96, 1092.36, 1106.44, 1078.81,
1086.06, 1101.64, 1070.49, 1093.96, 1109.14, 1076.83, 1074.35

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ.....	5
1. Вариационные ряды	5
2. Распределение вероятностей случайной величины. Графические представления анализа выборки	7
ПРИМЕР 1. (Построение гистограммы, полигона, кумуляты)	9
3. Множественность оценок математического ожидания	12
ПРИМЕР 2. (Вычисление моды для дискретного и интервального вариационного ряда).....	21
ПРИМЕР 3 (Оценка эффективности средних значений, как оценки математического ожидания выборки)	22
ПРИМЕР 4 (Построение доверительных интервалов, коэффициент вариации. Отсев выпадающих точек).....	24
4. Нормальное распределение	27
4.1. Предварительная проверка на нормальность	28
ПРИМЕР 5 (Предварительная проверка выборочного распределения на нормальность)	30
4.2. Критерий Пирсона.....	31
4.3. Критерий Романовского.....	33
4.4. Приближенный критерий нормальности распределения	34
ПРИМЕР 6 (Проверка статистических гипотез).....	34
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА	39
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	40
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	42
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (Критерий Стьюдента).....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 (Значения стандартизованного нормального распределения).....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 (Критические значения χ^2 – критерия).....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 (Варианты заданий)	47

Учебное издание

НИКИТИН Василий Игоревич

Первичная статистическая обработка экспериментальных данных

Подписано в печать 31.03.17.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Усл. п. л. 4,65.

Тираж 50 экз.

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус

Отпечатано в типографии
Самарского государственного технического университета
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Корпус № 8