МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГООБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ДГТУ)

ОЛИМПИАДА «Я – МАГИСТР»

ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ в 2026 году

27.04.01 СТАНДАРТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ.

ПРОГРАММА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

К ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМУЭТАПУ ОЛИМПИАДЫ

Составители: Кошлякова И.Г.,

Мирный В.И.

Председатель методической комиссии:

Хубиян К.Л.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

Характер и уровень сложности олимпиадных задач направлены на достижение целей проведения Олимпиады: выявление и поддержка лиц, проявивших выдающиеся способности; стимулирование учебно-познавательной и научно-исследовательской деятельности обучающихся;развитие у обучающихся интеллектуальных и творческих способностей;создание необходимых условий для формирования качественного контингента магистрантов, ориентированных на продолжение академической карьеры;формирование системы непрерывного взаимодействия с одаренной и талантливой молодежью;распространение и популяризация научных знаний;привлечение талантливой молодежи, в том числе из зарубежных стран, к обучению в магистратуре.

Задания дифференцированы по сложности и требуют различных временных затрат на верное и полное решение. Задания направлены на выявление интеллектуального потенциала, аналитических способностей и креативности мышления участников и т.п.

Очный этап Олимпиады проводится только в письменной форме. Каждый участник Олимпиады получает бланк с заданием, содержащий одно комплексное задание. При выполнении заданий требуется:

1) привести указанные графики – алгоритм, гистограмму, контрольные карты;
2) подробно выполнить с пояснениями указанные расчеты;
3) сделать выводы.

При подготовке к Олимпиаде следует повторить приведенные ниже темы.

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ СОДЕРЖАНИЯ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ЗАДАНИЯ ОЛИМПИАДЫ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА 2025/2026 УЧЕБНОГО ГОДА

Тема 1. Выбор средств измерений

Качество измерений зависит от правильного выбора средств измерений (СИ). При этом учитывают измеряемую величину, метод, условия проведения и допускаемую погрешность измерений, диапазон измерений, характеристики погрешностей, стоимость СИ, простоту их эксплуатации, причём первоочередное внимание уделяется точности СИ, как фактору, наиболее существенно влияющему на результат измерения.

При выборе СИ по точности необходимо учитывать долю допустимой погрешности измерений, приходящуюся на погрешность используемых СИ, которая не может превышать 65% от предельно допустимой погрешности измерения δ.

Выбор средств измерений (СИ) линейных размеров по точностным параметрам для осуществления приёмочного контроля может быть выполнен по ГОСТ 8.051-81 «Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» и в соответствии с методическими указаниями РД 50-98-86 «Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм». Использование методических указаний избавляет от необходимости рассчитывать самостоятельно суммарную погрешность по выявленным её составляющим для случаев измерения универсальными СИ наружных и внутренних линейных размеров деталей, глубин, биений.

1.1. По форме записи размера установить вид измеряемого размера: охватывающий или охватываемый (условное отверстие или вал) /1/.
1.2. Определить значения допуска IT и предельно допустимой погрешности измерения δ /1/, /2/, /3/.
1.3. Оценить предельно допустимую погрешность СИ заданного размера детали $\Delta_{СИ} = 0{,}65 \cdot \delta$.
1.4. Выбрать СИ для заданного параметра детали с учетом его контролепригодности в соответствии с /4/.
1.5. Привести список метрологических характеристик и описание устройства и порядка применения выбранного СИ /4/.

Пример вопроса.

Требуется проконтролировать наружный диаметр детали Ǿ30h5.

Определяем значения предельных отклонений: Ø30h5($_{-0{,}009}$).

Рассчитываем допуск на контролируемый размер:

$$\Delta изд = es - ei = 0 - (0{,}009) = 0{,}009 \text{ мм},$$

где es и ei - соответственно верхнее и нижнее предельные отклонения.

Устанавливаем допустимую погрешность измерений: для интервала номинальных размеров св.18 до 30 и IT5 допустимая погрешность измерений $\Delta д = 30$ мкм.

Определяем предельно допустимую погрешность СИ Ǿ30h5:

$$\Delta си = 0{,}65 \cdot \Delta д = 0{,}65 \cdot 3 = 1{,}95 \text{ мкм}.$$

Выбираем универсальное измерительное средство, имеющее погрешность измерения в данном интервале размеров, не превышающую 1,95 мкм.

В интервале свыше 18 до 30 мм данным условиям удовлетворяет микрокатор с ценой деления 0,002 мм, имеющий погрешность измерения $\Delta си = 1{,}5$ мкм.

Измерения относительные.

Определяем количество неправильно принятых (m) и неправильно забракованных по контролируемому параметру деталей (n).

Предельная погрешность СИ (микрокатора) с ценой деления 0,002 мм размера с допуском $\Delta изд = 9$ мкм, $\Delta' си = 1{,}5$ мкм. При этом погрешность измерения без учёта погрешности метода и оператора будет равна:

$$\Delta' д = \frac{\Delta'' си}{0{,}65} = \frac{1{,}5}{0{,}65} = 2{,}3 \text{ (мкм)}.$$

Среднее квадратическое отклонение погрешности измерений равно:

$$\delta = \frac{\Delta' д}{2} = \frac{2{,}3}{2} = 1{,}15 \text{ (мкм)}.$$

Определяем соотношение среднего квадратического отклонения погрешности измерений и допуска на контролируемый размер:

$$\frac{\delta}{\Delta изд} = \frac{1{,}15}{9} \cdot 100\% = 12{,}8\%.$$

Для соотношения $\frac{\delta}{\Delta изд} = 12{,}8\%$ определяем, что неправильно принятых деталей m=3,75 – 4,10%,а неправильно забракованных деталей n=5,40 – 5,80% от общего числа в партии деталей.

Тема 2. Оценка статистической управляемости технологического процесса с помощью гистограммы

2.1. Построение гистограммы.

Гистограмма строится в следующем порядке /5/ .

Формируют выборку, т.е. собирают исходные данные за определенный период времени.

Определяют выборочный размах: $R = x_{max} - x_{min}$ (разница между наибольшим и наименьшим наблюдаемыми значениями).

Делят размах на интервалы равной ширины.

Ширину интервалов находят как $h = R/r$. Количество интервалов зависит от объема выборки N; для выборки размером 20…50 единиц r принимается от 7 до 9.

Определяют границы интервалов:

- определяют нижнюю границу первого интервала ($\leq x_{min}$);
- прибавляют к ней ширину интервала, чтобы получить его верхнюю границу;
- к верхней границе последовательно прибавляют ширину интервала для получения второй, третьей и т.д. верхних границ;
- проверяют, что x_{max} входит в последний интервал;

Определяют частоты попадания значений в каждый интервал. Значения, совпадающие с правой границей, относят к левому интервалу. Готовят таблицу частот, куда заносят интервалы, их средние значения, частоты попадания в интервал.

Строят столбчатый график гистограммы, где на оси абсцисс откладывают значения исследуемого показателя в виде границ интервалов, а на оси ординат - частоты попадания измеренных значений в интервал (рис.1).

2.2. Проверка нормальности распределения действительных размеров.

Соответствие эмпирического распределения теоретическому нормальному закону свидетельствует о том, что процесс находится в состоянии статистической управляемости. Это состояние процесса, в котором удалены все особые причины изменчивости, а наблюдаемая изменчивость может быть объяснена действием системы постоянных случайных причин. Для проверки применяется критерий Пирсона χ^2 /5/.

Определяется теоретическая вероятность попадания значений измеряемой величины в i-й интервал в соответствии с законом нормального распределения:

$P_{Ti} = \Phi((x_{вi} - \overline{X})/S) - \Phi((x_{нi} - \overline{X})/S)$,

где Φ (***) – значение функции Лапласа /5/.

При этом следует учесть, что функция Лапласа нечетная, т.е Φ(-t)= -Φ(t).

Наносятся полученные значения теоретической вероятности на график (рис.1) и строится кривая теоретического распределения вероятности по нормальному закону.

Рассчитывается для каждого интервала значение χ^2_i: $\chi_i^2 = \dfrac{(m_i - n \cdot P_{Ti})^2}{n \cdot P_{Ti}}$.

Рассчитывается эмпирическое значение χ^2: $\chi^2 = \sum_{i=1}^{r} \chi^2_i$.

Полученное значение сравнивается с табличным $\chi_т^2$ /5/. для уровня значимости $\alpha = 1 - P$ и числа степеней свободы $f = r - 3$.

Сделать вывод о соответствии эмпирического распределения результатов измерений теоретическому нормальному закону по правилу:

- гипотеза о соответствии нормальному распределению принимается, если выполняется условие $\chi^2 < \chi_т^2$;

- при невыполнении указанного неравенства гипотеза отклоняется.

Таблица 1 – Результаты обработки валов

Результаты обработки валов, мм				
59,951	59,950	59,947	59,951	59,956
59,950	59,952	59,951	59,950	59,950
59,952	59,955	59,951	59,945	59,950
59,952	59,950	59,951	59,947	59,949
59,945	59,955	59,950	59,951	59,947
59,958	59,946	59,948	59,946	59,955
59,957	59,953	59,951	59,951	59,951
59,950	59,943	59,955	59,948	59,946
59,948	59,956	59,947	59,955	59,955
59,946	59,953	59,952	59,954	59,949

Вычисляем размах колебаний измеренной величины:

$$R = x_{max} - x_{min},$$

где x_{max}, x_{min} – крайние значения вариационного ряда.

$$R = 59{,}958 - 59{,}943 = 0{,}015 (мм)$$

Количество интервалов зависит от объема выборки *N*; для выборки размером 20…50 единиц *r* принимается от 5 до 7. Возьмем число интервалов, равное 5. Рассчитываем ширину интервала:

$$h = \frac{R}{r},$$

где r – число интервалов $r = 5$.

$$h = \frac{0{,}015}{5} = 0{,}003 (мм).$$

Определяем границы интервалов (табл.2):

Левую границу первого интервала ($\le x_{min}$) примем равной 59,943 мм.

Таблица 2. Границы интервалов

Номер интервала	1	2	3	4	5
Границы интервала, мм	59,943; 59,946	59,946; 59,949	59,949; 59,952	59,952; 59,955	59,95[illegible] 59,9[illegible]
Количество результатов измерений, попавшихв i-тый интервал	7	9	21	9	4

Рассчитываем среднее арифметическое значение ($\overline{X}$) результатов измерений:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i x_{0i}}{n},$$

где n – общее число экспериментальных данных и равно n=$\sum_{i=1}^{10} m_i$.

$$n=7+9+21+9+4=50$$

$$\overline{X} = \frac{59{,}945 \cdot 7 + 59{,}948 \cdot 9 + 59{,}951 \cdot 21 + 59{,}954 \cdot 9 + 59{,}957 \cdot 4}{50} = 59{,}95014 \ (мм)$$

где $\boldsymbol{x_{0i} = \frac{x_{\text{в}i} + x_{\text{н}i}}{2}}$;

$x_{\text{в}i}$ и $x_{\text{н}i}$ – верхняя и нижняя границы каждого интервала, соответственно.

Рассчитываем среднее квадратичное отклонение (СКО):

$$\boldsymbol{S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{0i} - \overline{X})^2 m_i}{n-1}}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(59{,}945 - 59{,}95014)^2 \cdot 2 + (59{,}948 - 59{,}95014)^2 \cdot 5 + (59{,}951 - 59{,}95014)^2 \cdot 21 +}{50-1}}$$

$$\sqrt{\frac{(59{,}954 - 59{,}95014)^2 \cdot 18 + (59{,}957 - 59{,}95014)^2 \cdot 4}{50-1}} = \sqrt{\frac{0{,}00055152}{49}} = 0{,}003355 \ (мм)$$

Для каждого интервала определяем эмпирическую (статистическую) вероятность попадания случайной измеряемой величины в i-й интервал:

$$P_i = \frac{m_i}{n}$$

где m_i – число значений, попавших в i-й интервал;

n – общее число экспериментальных данных:

$n = \sum_{i-1}^{r} m_i$, где r – число интервалов.

$p_1 = \frac{7}{50} = 0{,}14$

$p_2 = \frac{9}{50} = 0{,}18$

$p_3 = \frac{21}{50} = 0{,}42$

$p_4 = \frac{9}{50} = 0{,}18$

$p_5 = \frac{4}{50} = 0{,}08$

Строим гистограмму (рис. 1), которая представляет собой ступенчатую фигуру, состоящую из прямоугольников. Основанием каждого прямоугольника являются отрезки, отображающие ширину интервала h вариационного ряда, а высоты равны значениям эмпирических частостей P_i.

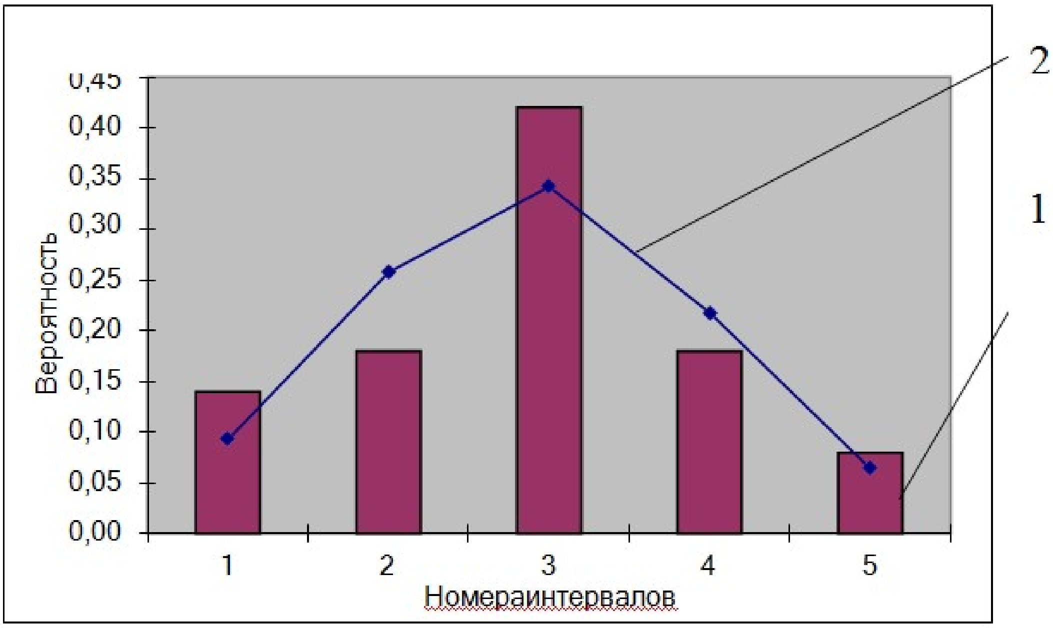

Рисунок1. Графики эмпирического 1 (гистограмма) и теоретического 2 распределений

2.2. Проверяем гипотезу о соответствии эмпирического распределения нормальному закону Гаусса.

Определяем теоретическую вероятность попадания значений измеряемой величины в i-й интервал в соответствии с законом нормального распределения:

$P_{Ti} = \Phi((x_{Bi}-\overline{X})/S) - \Phi((x_{Hi}-\overline{X})/S)$,

где Ф(***) – значение функции Лапласа

$P_{T1}=\Phi((59{,}946-59{,}95014)/0{,}003355)=\Phi((59{,}943-59{,}95014)/0{,}003355)=$
$=\Phi(-1{,}23)-\Phi(-2{,}13)=-0{,}3907+0{,}4834=0{,}0927$

$P_{T2}=\Phi((59{,}949-59{,}95014)/0{,}003355)=\Phi((59{,}946-59{,}95014)/0{,}003355)=$
$=\Phi(-0{,}34)-\Phi(-1{,}23)=-0{,}1331+0{,}3907=0{,}2576$

$P_{T3}=\Phi((59{,}952-59{,}95014)/0{,}003355)=\Phi((59{,}949-59{,}95014)/0{,}003355)=$
$=\Phi(0{,}55)-\Phi(-0{,}34)=0{,}2088+0{,}1331=0{,}3419$

$P_{T4}=\Phi((59{,}955-59{,}95014)/0{,}003355)=\Phi((59{,}952-59{,}95014)/0{,}003355)=$
$=\Phi(1{,}45)-\Phi(0{,}55)=0{,}4265-0{,}2088=0{,}2177$

$P_{T5}=\Phi(59{,}958-189{,}701776)/0{,}042557)=\Phi(59{,}955-189{,}701776)/0{,}042557)=$
$=\Phi(2{,}34)-\Phi(1{,}45)=0{,}4904-0{,}4265=0{,}0639$

Наносим полученные значения теоретической вероятности на график и строим кривую теоретического распределения вероятности по нормальному закону (Рисунок 1).

Рассчитываем для каждого интервала значение χ^2_i:

$$\chi_i^2=\frac{(m_i-n\cdot P_{Ti})^2}{n\cdot P_{Ti}}.$$

$$\chi^2_1=\frac{(2-50\cdot 0{,}0927)^2}{50\cdot 0{,}0927}=1{,}206737$$

$$\chi^2_2=\frac{(5-50\cdot 0{,}2576)^2}{50\cdot 0{,}2576}=1{,}16882$$

$$\chi^2_3=\frac{(21-50\cdot 0{,}3419)^2}{50\cdot 0{,}3419}=0{,}892017$$

$$\chi^2_4=\frac{(18-50\cdot 0{,}2177)^2}{50\cdot 0{,}2177}=0{,}326433$$

$$\chi^2_5=\frac{(4-50\cdot 0{,}0639)^2}{50\cdot 0{,}0639}=0{,}202825$$

Результаты расчетов представим в таблице 3.

Таблица 3- Расчетные данные для проверки гипотезы о нормал распределения

Номер интервала i	Границы интервала		Абсолютная частота m_i	Относительная частота P_i	Квантиль для границы		Функция Лапласа для границы		Теоретическая вероятность P_{Ti}
	нижняя $x_{нi}$	верхняя $x_{вi}$			нижней $t_{нi}=(x_{нi}-\overline{X})/S$	верхней $t_{вi}=(x_{вi}-\overline{X})/S$	нижней $Ф((x_{нi}-\overline{X})/S)$	верхней $Ф((x_{Вi}-\overline{X})/S)$	
1	59,943	59,946	7	0,14	-2,13	-1,23	-0,4834	-0,3907	0,0927
2	59,946	59,949	9	0,18	-1,23	-0,34	-0,3907	-0,1331	0,2576
3	59,949	59,952	21	0,42	-0,34	0,55	-0,1331	-0,2088	0,3419
4	59,952	59,955	9	0,18	0,55	1,45	-0,2088	0,4265	0,2177
5	59,955	59,958	4	0,08	1,45	2,34	0,4265	0,4904	0,0639
Сумма	-	-	50	1	-	-	-	-	0,9738

Рассчитать эмпирическое значение χ^2:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r} \chi^2_i \ .$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r} \chi^2_i = 2{,}29814$$

Полученное значение сравниваем с табличным $\chi_т^2$ для значимости q= 1 – P и числа степеней свободы f = r –3.

Определяем уровень значимости:

$$\alpha = 1 - P = 1 - 0{,}95 = 0{,}05.$$

Рассчитываем число степеней свободы:

$$k = r - 3 = 5 - 3 = 2.$$

По таблице находим предельно допустимое значение χ_α^2:

$$\chi_\alpha^2 = 5{,}991.$$

Эмпирическое распределение соответствует теоретическому нормально
основании того, что выполняется неравенство $\chi^2 > \chi_\alpha^2$, то есть 3,797<5,

2.3. Определяем доверительный интервал для результата многокр
измерений: $\overline{X} - t_p S_{\overline{X}} \le X \le \overline{X} + t_P S_{\overline{X}}$

где t_p - коэффициент распределения Стьюдента при за
доверительной вероятности P и числе степеней свободы k= n – 1;

$S_{\overline{X}}$ - среднее квадратичное отклонение среднего значения: $S_{\overline{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$

$$P=0{,}95.$$

$$k=50 - 1 = 49.$$

$$t_p=1{,}96.$$

$S_{\overline{X}}$ - среднее квадратичное отклонение среднего значения: $S_{\overline{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$

$$59{,}95014 - 1{,}96 \cdot \frac{0{,}003355}{\sqrt{50}} \le X \le 59{,}95014 + 1{,}96 \cdot \frac{0{,}003355}{\sqrt{50}};$$

$$59{,}949 \ (мм) \le X \le 59{,}951 \ (мм)$$

2.4. Оценка статистической управляемости процесса

Очень важную информацию о состоянии и управляемости процесса дает сравнение гистограммы с нормой (при контроле размера изделия - с допуском). Обязательным условием управляемости технологического процесса является его точность и стабильность при нормальном (или близком к нормальному) распределении контролируемых параметров. Условие стабильности обеспечивает воспроизводимость процесса.

Точность и стабильность технологического процесса оценивают, сравнивая выборочные статистики контролируемого параметра X и S с их номинальными значениями, заданными нормой. При этом определяют, отличаются ли выборочные статистики от номинальных больше, чем это обусловлено действием только случайных факторов.

Определим показатели уровня качества продукции или состояния процесса для обработки валов:

$$k_T = \frac{|X_0 - \overline{X}|\sqrt{n}}{2s} = \frac{|(60{,}000+59{,}970)/2-59{,}95014|\sqrt{50}}{2\cdot 0{,}003355} = 36{,}74$$

$$C_p = \frac{T}{6S} = \frac{0{,}08}{6\cdot 0{,}003355} = 3{,}974$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{UTL-\bar{\bar{X}}}{3S};\frac{\bar{\bar{X}}-LTL}{3S}\right) = \min\left(\frac{60{,}000-59{,}95014}{3\cdot 0{,}003355};\frac{59{,}95014-59{,}970}{3\cdot 0{,}003355}\right) =$$
$$= \min(4{,}954;\ -1{,}973) = -1{,}973$$

Знак «-» в числителе из-за того, что среднее арифметическое зн параметров в производственном процессе выходит за нижнее пре допустимое значение. Это говорит о том, что технический процесс поли разрегулирован. Срочно требуется оперативное вмешательство. , ситуация говорит об очень высоком проценте брака.

Тема 3. Определение стабильности технологического процесса с помощью контрольных карт Шухарта

После проведения корректирующего воздействия процесс изготовления валов контролировался с помощью выборок постоянного объёма по 5 единиц в каждой. Результаты измерений 20 выборок представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты обработки валов

№ выборки	Значения размеров валов в выборках				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	59,980	59,983	59,988	59,984	59,987
2	59,985	59,983	59,985	59,985	59,987
3	59,987	59,983	59,980	59,982	59,987
4	59,990	59,988	59,979	59,984	59,991
5	59,988	59,977	59,985	59,986	59,977
6	59,980	59,985	59,988	59,984	59,988
7	59,977	59,986	59,997	59,982	59,985
8	59,982	59,985	59,987	59,985	59,982
9	59,980	59,979	59,983	59,982	59,985
10	59,985	59,986	59,987	59,983	59,987
11	59,985	59,984	59,984	59,976	59,987
12	59,987	59,985	59,985	59,986	59,984
13	59,978	59,987	59,987	59,985	59,987
14	59,983	59,980	59,987	59,989	59,979
15	59,984	59,990	59,991	59,986	59,991
16	59,983	59,983	59,985	59,986	59,987
17	59,985	59,990	59,987	59,985	59,986
18	59,984	59,984	59,988	59,987	59,983
19	59,985	59,990	59,987	59,991	59,981
20	59,987	59,988	59,991	59,987	59,986

Построение R-карты и определение по ней состояния процесса.

R-КАРТА:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k}, \bar{R} = \frac{\sum R}{k}, \textit{где } k - \textit{число подгрупп, } k=20$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \overline{X}}{k} = \frac{1199{,}701}{20} \approx 59{,}985$$

$$\overline{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{0{,}146}{20} \approx 0{,}007$$

Центральная линия: $\overline{R} = 0{,}007$

$$UCL = D_4\overline{R} = 2{,}114 \cdot 0{,}007 = 0{,}015974 \approx 0{,}015$$

$LCL = D_3\overline{R} = 0 \cdot 0{,}007 = 0$ (т.к. n< 7, то LCL отсутствует)

Рисунок 2 - Карта размахов

Значения множителей D_3 и D_4 взяты из справочной та «Коэффициенты для вычисления линий контрольных карт» для $n = 5$.

Поскольку все кроме одного, значения $\bar{R}$ в таблице 7 находятся контрольных границ, $\bar{R}$-карта указывает на статистически управ состояние процесса, а точка подгруппы №7 является случайным сб пересчитываем контрольные границы и среднее без учета значений в груп

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \overline{X}}{k} = \frac{1139{,}715}{19} \approx 59{,}985$$

$$\overline{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{0{,}126}{19} \approx 0{,}007$$

Центральная линия: $\overline{R} = 0{,}007$

$$UCL = D_4\overline{R} = 2{,}114 \cdot 0{,}007 = 0{,}015974 \approx 0{,}015$$

$LCL = D_3\overline{R} = 0 \cdot 0{,}007 = 0$ (т.к. n< 7, то LCL отсутствует)

Рисунок 3 - Карта размахов

Поскольку все значения $\bar{R}$ находятся внутри контрольных границ, $\bar{R}$ указывает на статистически управляемое состояние процесса. Значение $\bar{R}$ может быть использовано для вычисления контрольных границ $\bar{X}$-карты.

Центральная линия: $\bar{\bar{X}} = 59{,}985$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2\overline{R} = 59{,}985 + (0{,}577 \cdot 0{,}007) = 59{,}954039 \approx 59{,}9$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2\overline{R} = 59{,}985 - (0{,}577 \cdot 0{,}007) = 59{,}945961 \approx 59{,}9$$

Значение множителя A_2 взято из справочной таблицы «Коэффициен вычисления линий контрольных карт» для n = 5.

Рисунок 4 - Карта средних

Анализ $\bar{X}$-карты показывает, что процесс находится в статистичес управляемом состоянии. Однако можно предположить возникновение тренда рост. Данные сведения могут говорить о необходимости дальнейше наблюдения за процессом.

Определим потенциальные возможности через годность процесса.

$$P_p = \frac{UTL - LTL}{6S} = \frac{60{,}000 - 59{,}970}{6 \cdot 0{,}00103} \approx 4{,}85\,;$$

$$P_{pk} = \min\left(\frac{UTL - \bar{\bar{X}}}{3S}; \frac{\bar{\bar{X}} - LTL}{3S}\right) = \min\left(\frac{60{,}000 - 59{,}985}{3 \cdot 0{,}00103}; \frac{59{,}985 - 59{,}970}{3 \cdot 0{,}00103}\right) = \min(4{,}85;\ 4{,}85) = 4{,}8$$

Так как P_p и P_{pk} значительно больше 1,33, можно сделать вывод о том, ч процесс обладает высокой пригодностью и надежностью.

Литература для подготовки

1. Кошлякова И.Г., Сорочкина О. Ю., Закалин Е. Н. Теория и практика нормирования точности в машиностроении: учебное пособие/; Донской гос. технический ун-т. - Ростов-на Дону: ДГТУ, 2013.

2. Допуски и посадки. Справочник/Под ред. В.Д. Мягкова. - Л.: Машиностроение, 1982, ч.1.

3. ГОСТ 8.051-81 «Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм».

4. РД 50-98-86. Методические указания «Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм» (по применению ГОСТ 8.051-81).

5.Кошлякова И.Г., Ваганов В.А., Атоян Т.В. Практикум по метрологии и стандартизации. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013.

6. ГОСТ Р 50779.46-2012 Статистические методы. Управление процессами. Часть 4. Оценка показателей воспроизводимости и пригодности процесса. – Изд-во стандартов, 2014.

Критерии проверки.

1. Вариант преамбулы к критериям проверки заданий:

Вариант заключительного этапа Олимпиады по 27.04.01 Стандартизация и метрология, программе Метрологическое обеспечение технологических процессов и производств включает в себя 5 заданий разного типа. Каждое задание оценивается от 0 до 20 баллов. Наибольшая итоговая сумма баллов, которой могут быть оценены ответы на все вопросы олимпиадного варианта при условии отсутствия в них ошибок, неправильных, неполных или неточных ответов, равна 100. Неверные ответы оцениваются в 0 баллов. Возможен частичный зачёт баллов за неполный ответ на задание. Под неполным понимается ответ, содержащий правильные ответы не на все вопросы задания. В таком случае присуждается только часть баллов за правильные ответы задания, соответствующая доле от максимально возможного балла. Подсчёт итоговой оценки за задание осуществляется путём суммирования баллов, выставленных за каждый из вопросов.

Задание: Организовать контроль и оценить качество процесса изготовления партии валов Ø40e8 мм. Для этого необходимо:

1) составить алгоритм выбора и обоснованно выбрать средство измерений заданного размера;
2) определить вероятностный процент ошибок контроля с применением выбранного средства измерений;
3) по результатам измерений, представленным в табл. 1, построить гистограмму и оценить управляемость технологического процесса;
4) по данным, приведенным в табл. 2, оценить стабильность технологического процесса;
5) на основании доверительного интервала сделать заключение о годности валов в партии.

Критериик олимпиадным заданиям:

Тип задания	Количество заданий в варианте	Критерий оценивания	Максимальное количество баллов за задание
Раздел 1. Выбор средства измерений			
Вопрос 1. Работа с нормативными и справочными документами	1	Если представлены все правильные справочные данные, начисляется 10 баллов. При наличии одной и	10

		более ошибок – 0 баллов.	
Вопрос 2. Алгоритмизация процесса	1	При соблюдении последовательности действий и правильном графическом представлении алгоритма начисляется 10 баллов. При наличии двух и более ошибок – 0 баллов.	10
Раздел 2. Определение вероятности брака контроля			
Вопрос 1. Представление и использование метрологических характеристик	1	При представлении полного списка метрологических характеристик и видов измерений начисляется 10 баллов. При наличии двух и более ошибок – 0 баллов.	10
Вопрос 2. Расчет ошибок контроля 1-го и 2-го рода		При отсутствии ошибок в расчете начисляется 5 баллов. При наличии одной и более ошибок – 0 баллов.	5
Раздел 3. Оценка статистической управляемости процесса			
Вопрос 1. Построение гистограммы		При правильной подготовке экспериментальных данных и графическом представлении гистограммы	10

		начисляется 10 баллов. При наличии двух и более ошибок – 0 баллов.	
Вопрос 2. Применение критерия для проверки гипотезы о соответствии эмпирического распределения и нормального теоретического		При правильном расчете теоретических вероятностей, параметров критерия и графическом представлении теоретического распределения начисляется 10 баллов. При наличии двух и более ошибок – 0 баллов.	20
Вопрос 3. Расчет показателей возможности процесса		При отсутствии ошибок в расчете начисляется 5 баллов. При наличии одной и более ошибок – 0 баллов.	5
Раздел 4. Оценка стабильности процесса			
Вопрос 1. Построение контрольных карт Шухарта		При правильных расчетах и графическом представлении контрольных карт начисляется 10 баллов. При наличии двух и более ошибок – 0 баллов.	10
Вопрос 2. Анализ контрольных		При соблюдении последовательности анализа и	10

карт		правильных выводах начисляется 10 баллов. При наличии двух и более ошибок – 0 баллов.	
Раздел 5. Оценка годности параметра			
Вопрос 1. Расчет доверительного интервала		При отсутствии ошибок в расчете начисляется 5 баллов. При наличии одной и более ошибок – 0 баллов.	5
Вопрос 2. Определение годности параметра		При отсутствии ошибок в оценке годности параметра начисляется 5 баллов. При наличии одной и более ошибок – 0 баллов.	5
Итого			100