Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Машинобудівний факультет
Кафедра «Інтегровані технології машинобудування» ім. М.Ф. Семка

Островерх Є.В.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

з дисципліни «Системи управління якістю»

Харків

Теоретический раздел к лабораторной работе №1

Оценка качества технических и технологических факторов производства.

Под техническими и технологическими факторами производства принято понимать используемые в процессе создания продукции технические средства и технологические процессы, технологическое, транспортное и контрольное оборудование, технологическую оснастку, средства измерения, соблюдение технологической дисциплины, обеспечивающие процессы создания продукции. Уровень качества технических и технологических факторов определяется посредством решения комплекса оценочных задач, характеризующих отношение степени соответствия этих факторов к возмож-` ной или базовой. Так, для условий серийного производства количественная оценка состояния используемого оборудования может определяться на основании использования положений статистических методов контроля по альтернативному признаку

$$У_т = К\left(1 - \frac{n}{N}\right),$$

где: Ут - уровень дефектных единиц оборудования в общем их числе;

К - табличный коэффициент;

n - объем выборки;

N - количество оборудования, установленного в цехе.

Уровень качества оборудования определяет относительный показатель

$$Q_{об} = \frac{У_{т.б}}{У_{т.ф}},$$

где: Ут.ф и Ут.б - соответственно фактическое и базовое значение показателя Ут.

Аналогично определяется уровень качества технологического оснащения и средств измерения.

Оценка качества технических средств по предприятию может быть определена на основании использования зависимости

$$I=\prod_{i=1}^{p} Q_{ОБ_i}^{\alpha_i},$$

Где: Qобі - относительный уровень качества технических средств в і-м цехе; (αі - коэффициент весомости технических средств і-го цеха:і = l, р - количество цехов на предприятии;

$$\alpha_i=\frac{N_i}{\sum_{i=1}^{n} N_i} \quad \text{при условии} \quad \sum_{i=1}^{p}\alpha_i=1.$$

Величины базовых показателей и приемочного уровня качества планируются раз в год и регламентируются стандартами предприятий.

Оценка качества технологической дисциплины. Для большинства видов производственных процессов оценка состояния технологической дисциплины может определяться процентным отношением числа технологических операций, выполненных с нарушениями (an) к общему числу проверенных операций (ao)

$$У_{т.д.}=a_н/a_0\times 100.$$

Уровень качества технологической дисциплины равен

$$Q_{т.д.}=\frac{У_{т.дб}}{У_{т.дф}},$$

где: У т.дб и У т.дф - соответственно фактическое и базовое значение показателя Утд.

Качество технологической дисциплины наиболее полно может быть охарактеризовано показателем качества технологических процессов.

Уровень стабильности технологического процесса R(Tb) определяется по формуле

$$R(T_b)=\exp\left[-\frac{0{,}632К_з(1-К_и)}{\eta\times a\times p\times К_г К_и}\right],$$

где Кз - коэффициент загрузки технологического оборудования по лимитирующим операциям процесса;
а - коэффициент технологической надежности процесса;

Кг - коэффициент готовности производственных систем, отражающий среднюю долю времени простоев аварийного характера
Ки - коэффициент использования трудоемкости, отражающий входящую в штучное время долю плановых потерь на наладку, плановый ремонт и исправление дефектной продукции до первого предъявления;
η - коэффициент, учитывающий специфические требования (охрану труда, культуру производства и пр.;
р - уровень качества продукции.
Для конкретного производственного процесса величины а,η условно постоянны.
На практике для оценки качества технологических процессов часто используют показатель, характеризующий вероятность безотказной работы по внезапным отказам. Для условий стационарного технологического процесса его качество оценивают обычно на основе закона нормального распределения. При этом уровень качества технологического процесса определяется количеством дефектов продукции, частотой их появления, их значимостью, отношением этих величин к нормативным или базовым.
Оценка качества технической документации.
Ряд важнейших функций в обеспечении выпуска продукции высокого качества выполняет информационное обеспечение системы управления производством и качеством продукции.
Оценка качества информационного обеспечения может быть представлена как многоплановая задача, решаемая на различных уровнях управления и различных стадиях жизненного цикла изделия.
На этапе разработки изделия (создается конструкторская и технологическая документация, которая является выходной продукцией разрабатывающих организаций. На этом этапе оценивается качество проектной документации, труда исполнителей. Во многих случаях оценка качества документации осуществляется на основании расчета комплексного показателя

$$K_{т.д} = \frac{1}{2 - \sum_{i=1}^{r} \alpha_i K_i},$$

Где: Кi - единичный показатель качества технической документации;
αi - коэффициент весомости качества документации, определяемый экспертным путем или на основании факторного корреляционного анализа;
i= $\overline{1,r}$- число единичных показателей качества.

На каждом этапе создания и использования технической документации важно устанавливать число выявленных ошибок, их значимость, величину потерь и дополнительных затрат, необходимых для их устранения. Накапливание такой информации дает возможность определить наиболее массовые виды ошибок в процессе создания выполнения требований технической и нормативно-справочной документации, анализировать уровень ее качества, устанавливать на основе такой оценки научно-обоснованные коэффициенты качества работы производственных подразделений, коэффициенты качества труда отдельных исполнителей, последние увязывать с формами морального и материального стимулирования.

Среднее число ошибок р-го вида на этапе проектирования может быть определено как

$$\overline{X}_p = \sum_{i=1}^{r} X_{ip},$$

где Хip - количество ошибок р-го вида в i-м проекте;
i = 1, r - число проектов.

Аналогично устанавливается число отклонений от технической документации на этапах изготовления и эксплуатации.

Учет брака, определение уровня дефектности продукции и производства.

В процессе изготовления часть продукции производится с отступлениями от установленных в технической документации параметров. Такая продукция считается дефектной или бракованной.

Наличие дефектной продукции ведет к увеличению непроизводительных потерь производства. Это оказывает отрицательное влияние на все основные технико-экономические показатели работы предприятия, снижая производительность труда, прибыль и рентабельность, повышая себестоимость продукции. Дефекты подразделяются на два основных вида: исправимые и неисправимые. Устранение исправимых дефектов путем дополнительных работ может превратить бракованную продукцию в годную. Неисправимые дефекты в силу технологических и технических причин не могут быть

устранены и, следовательно, наличие таких дефектов - это прямые потери производства. Уровень дефектности продукции зависит от ряда объективных и субъективных факторов. Объективные факторы обусловлены спецификой продукции и производства, уровнем научно-технического прогресса в отрасли. Иногда при производстве сложных видов продукции, а также при неуправляемости отдельных процессов ее создания наличие брака неизбежно. В таких случаях брак планируется. Для предупреждения брака необходимы изучение причин его возникновения и их строгий учет.
Учет, анализ причин и списание брака производится в соответствии с требованиями, установленными в СТП и технической документации на продукцию. На выявленный окончательный брак составляют акт о браке, на исправимый - накладную на возврат исправимого брака. Службы ОТК анализируют причины, по которым произошел брак, его количественные показатели. Экономические службы определяют потери от брака. Полученные результаты используются для определения уровня дефектности продукции, процессов производства и труда, учитываются при планировании и оценке качества продукции, моральном и материальном стимулировании трудовых коллективов и отдельных исполнителей.
Коэффициент дефектности продукции (Д) определяется по формуле:

$$Д = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} m_i u_i,$$

Где: mi - число дефектов i-го вида в выборке;
i = 1,n - количество видов дефектов;
ui - коэффициент весомости i-го дефекта.
Индекс дефектности (I д) характеризует средневзвешенное значение относительных коэффициентов дефектности разнородной продукции

$$I_д = \sum_{j=1}^{s} u_i Q_{д.i},$$

где: ui - коэффициент весомости i-го индекса;
Qдi - относительный коэффициент дефектности;
j = 1,s - количество видов продукции.
Относительный коэффициент дефектности определяется по формуле

$$Q_д = Д / Д_б,$$

Где: Дб - базовый коэффициент дефектности, который может быть определен на основании прошлого периода, принятого за базу.

Определение затрат на качество продукции.

Один из основных экономических критериев эффективности управления качеством - величина затрат, связанных с созданием и использованием продукции определенного качества.

Определение затрат на качество - сложная, многоплановая задача, охватывающая все уровни управления и этапы жизненного цикла изделий. Вопросы определения затрат на качество еще недостаточно четко сформулированы и разработаны.

В общем плане затраты на качество продукции - это часть затрат на ее создание и эксплуатацию. Исходя из этого, они могут быть представлены как часть себестоимости продукции. Однако чтобы определить, сколько средств затрачивается на обеспечение и повышение качества продукции, в каких статьях существующего учета затрат производства они отражаются, как влияет уровень качества продукции на основные технико-экономические показатели деятельности предприятия, необходима разработка научно обоснованной классификации затрат на качество, методических рекомендаций по их выявлению, учету и определению. Поскольку решение этих вопросов требует проведения специальных исследований, в данном разделе делается попытка оценить существующие концепции выделения и учета затрат на качество, изложить разработанные нами методы определения затрат на формирование единичных показателей качества продукции на этапе производства.

Анализ отечественных и зарубежных публикаций по вопросам классификации затрат на качество показал, что существующие классификации противоречивы, отличаются различными целями и основными классификационными признаками, принятыми при их составлении. Так, обычно выделяют три группы затрат, связанных с обеспечением качества продукции: затраты в связи с низким уровнем качества; затраты на контроль; затраты на предупреждение брака.

В первую группу включают потери и затраты на доработку дефектной продукции, выявленной на входном, промежуточном и выходном контроле; затраты на сортировку и контроль дефектной продукции; затраты по рекламациям, пени, штрафы, неустойки в связи с поставками продукции низкого качества. В эту группу входит часть затрат по созданию продукции на этапе проектирования и планированию качества на этапах разработки и изготовления продукции.

В затраты на контроль качества включены затраты на проведение

входного, промежуточного и выходного контроля; метрологическое обеспечение и надзор за его соблюдением в процессе измерения показателей качества; лабораторные испытания, а также разрушительный контроль; затраты на энергию, используемую в процессе перечисленных выше работ, затраты на контроль качества продукции на этапе ее эксплуатации и затраты на содержание органов контроля качества и мер.

Третья группа затрат отражает дополнительные затраты ОТК при создании и освоении новых видов продукции: на разработку технологии и способов входного, промежуточного и выходного контроля; на проектирование и изготовление мерительных приспособлений и инструмента для обеспечения необходимого качества продукции; на профилактический осмотр и ремонт контрольного оборудования; подготовку и обучение кадров прогрессивным методам измерения и управлением качеством продукции; на измерение показателей качества на этапе эксплуатации.

В приведенной классификации достаточно полно выделены затраты по трем указанным группам. Однако в ней не отражены источники образования этих затрат и место их образования в процессе создания и эксплуатации продукции. Вместе с тем одна из важных особенностей качества продукции заключается в том, что оно формируется на всех этапах жизненного цикла изделия. При этом затраты на его формирование, материальное воплощение и использование принципиально различны как по месту их возникновения, так и по способу отнесения на себестоимость продукции. В общем виде затраты на обеспечение продукции необходимого уровня качества могут быть определены как сумма затрат на этапе разработки, изготовления и эксплуатации

$$З_{изд} = З_{разр} + З_{изг} + З_{эксп}.$$

Величина затрат на разработку продукции зависит от сложности, уровня качества проектируемого изделия, времени проектирования, что может бьпъ представлено как:

$$З_{разр} = f_1[K(t), t_р],$$

Где: К - комплексный коэффициент качества разрабатываемого изделия;
tp - время разработки изделия;
t - рассматриваемый период.

На этапе изготовления продукции затраты на качество зависят от конструктивной и технологической сложности изделия, технико-организационного и экономического уровня производства, объема выпускаемой

предукции, уровня управления качеством продукции и других факторов. Затраты на изготовление единицы продукции могут быть выражены как

$$З_{изг} = f_2[К(t); У_{пр}; X_{пр}; У_у; t],$$

Где: Упр - технико-организационный и экономический уровень производства;

Хпр - объем производства продукции;

Уу - уровень управления качеством продукции;

t- период изготовления продукции.

Затраты на этапе эксплуатации зависят главным образом от сложности, ремонтопригодности изделия, его изнашиваемости, что находит отражение в комплексном показателе качества.

Затраты на технологический контроль качества принято классифицировать по следующим направлениям: на заработную плату, включающую оплату труда работающих, участвующих в процессе контроля; на материалы, полуфабрикаты, используемые для проведения контроля; амортизационные отчисления от используемого контрольного оборудования; на возмещение износа контрольного инструмента; прочие затраты, обусловленные общими процессами обслуживания.

Такой методический подход к определению затрат на технический контроль предусматривает определение части затрат прямым счетом. Это относится к затратам энергетических ресурсов (Зэ), к заработной плате огдельных рабочих, участвующих в контроле, цеховых контролеров и контролеров ОТК (Ззр), к затратам на материалы и полуфабрикаты, используемые в проведении контроля (Зм). Другая часть затрат распределяется по типам “изделий пропорционально выработанным показателям. Так, заработная плата всех основных категорий работников, участвующих в проведении приемо-сдаточных испытаний, ИТР цехов основного производства, ИТР ОТК, работников специализированных служб и вспомогательного персонала, обеспечивающих технический контроль, распределяется пропорционально трудоемкости процессов, в которых участвуют эти категории работников.

$$З_{\frac{j(ц)}{сл}} = \frac{З^{З}_{\frac{(ц)}{сл}}(t_{j.кор} + t_{j.ц.к})}{\sum_{j=1}^{\bar{n}'} Q_j(t_{j.мб/к} + t_{j.м.к} + t_{j.кор} + t_{j.ц.к})},$$

$З_{\frac{j(ц)}{сл}}$

Где: - основная заработная плата служащих производственного подразделения, обеспечивающих технический контроль по j-му изделию;

$З^{з}_{\frac{(ц)}{сл}}$ - то же по всем наименованиям контролируемых изделий за аналогичный период;

Qj - количество j-х изделий;

$\bar{n}'$ - количество наименований и типов изделий, прошедших контроль,

$\bar{n}'$ $1 \le j \le \bar{n}'$

$t_{j.кор}$ и $t_{j.ц.к}$ - трудоемкость операций технического контроля качества, выполняемых соответственно операционными рабочими и цеховыми контролерами по j-му изделию;

$t_{j.мб/к}$ и $t_{j.м.к}$ - трудоемкость технологических операций в процессе изготовления одного j-го изделия, неконтролируемых и контролируемых операционными рабочими.

Затраты на амортизацию контрольного и испытательного оборудования определяются пропорционально трудоемкости контрольных процессов. Затраты на содержание контрольного оборудования и его текущий ремонт - пропорционально амортизационным отчислени ям и трудоемкости контрольных процессов; цеховые расходы - пропорционально суммарной трудоемкости технологических и контрольных процессов; общезаводские расходы – пропорционально цеховой себестоимости изделий, в том числе цеховой себестоимости процессов технического контроля качества. Таким образом, затраты на технический контроль качества j-го изделия на этапе производства могут быть выражены следующим образом:

$$З_{к.j} = З_{э.j} + З_{р.j} + З_{м.j} + З_{\frac{ц}{сл}j} + З_{а.j} + З_{из.j} + З_{ц.j} + З_{общ.j}.$$

Дифференцированный метод оценки качества продукции предусматривает определение единичных показателей качества, изложенных в настоящем учебном пособии. В связи с этим важное значение для определения экономической целесообразности достижения тех или иных величин данных показателей приобрели вопросы исчисления затрат на создание и формирование единичных показателей качества. По нашему мнению, основу методологии определения затрат на формирование показателей качества продукции на этапе ее изготовления составляют следующие исходные положения:

- затраты на формирование показателей качества продукции – это часть общих затрат производства;

- для их определения может быть использован метод группировок пооперационных затрат по показателям качества;

- кроме технологических затрат, по каждому единичному показателю качества необходимо учитывать затраты, связанные с наличием дефектов (исправимых и неисправимых), влияющих на данный единичный показатель. Экономико-математическая модель, выражающая затраты на формирование j-го единичного показателя качества (Зj), имеет вид

$$З_j = \sum_{k=1}^{n} З_k f_{kj} + \sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} З_{ijk} \times \frac{d_{ijk}}{Q_k},$$

где: Зk - затраты (цеховая себестоимость) по k-му технологическому процессу, приходящиеся на единицу продукции;

fkj - коэффициент пропорциональности распределения влияния k-го технологического процесса на формирование j-го показателя качества предукции (определяется экспертным путем);

Зijk - затраты, связанные с дефектом i-го вида, влияющим на j-й показатель качества, обнаруженным в k-ом технологическом процессе, приходящиеся на единицу предукции;

dijk - количество дефектов i-го вица, влияющих на j-й показатель, обнаруженных в k-ом технологическом процессе за определенный период времени;

Qk - количество продукции, прошедшей контроль В k-ом технологическом процессе за тот же период;

n - количество технологических процессов;

m - количество видов дефектов.

Цеховая себестоимость изготовления продукции по k-му технологическому процессу определяется по формуле

$$З_k = [C_k^м + C_k^з (1 + Р_о + Р_ц')] / 1000,$$

где: $C^м_k$ - нормативная стоимость материалов, затрачиваемых в k-ом технологическом процессе на изготовление 1000 штук годной продукции (нормативные затраты по материалам);

$C^з_k$ - то же по нормативной заработной плате (основной);

Ро - плановый процент расходов на содержание оборудования;

Рц - плановый процент цеховых расходов.

Бракованная продукция, имеющая исправимые дефекты, возвращается в технологический процесс, где дефекты устраняются. При наличии неисправимого брака часть полуфабрикатов можно восстановить (регенерировать) и в дальнейшем использовать в технологическом процессе.

Затраты по j-му единичному показателю качества в k-м технологическом процессе, связанные с i-м видом брака (исправимым или неисправимым), определяются по формуле

$$З_{ikj} = a_{ijk} \frac{\left[\left(C_k^{м} - \sum_{lik}^{Lik} \lambda_{lik} C_{lik}^{м}\right) + \left(1 + P_о + P_ц\right)\left(C_k^{з} - \sum_{lik}^{Lik} \lambda_{lik} C_{lik}^{з}\right)\right]}{1000},$$

где a_{ijk} - коэффициент пропорциональности распределения влияния дефекта i-го вида на формирование j-го показателя качества продукции в k-м технологическом процессе (определяется экспертным путем);

$C^{м}_{k}$ - нарастающие нормативные затраты по материалам (от начала технологического процесса изготовления изделия до рассматриваемого k-го технологического процесса включительно, где обнаружен дефект);

$C^{з}_{k}$ - аналогичные нарастающие нормативные затраты по основной зарплате;

$C^{м}_{lik}$ - нормативные затраты по материалам, входящим в l-й восстанавливаемый полуфабрикат (при регенерации брака i-го вида, обнаруженной в k-ом технологическом процессе);

$C^{з}_{lik}$ - аналогичные нормативные затраты по основной заработной плате;

λ_{lik} - коэффициент восстановления полуфабриката l-го вида по дефекту i-го вида, обнаруженному в k-ом технологическом процессе;

lik - количество видов полуфабрикатов, восстанавливаемых при регенерации брака i-го вида, обнаруженном в k-ом технологическом процессе.

Затраты, определенные по трем последним формулам, служат основой для проведения анализа с целью выявления резервов производства по снижению себестоимости продукции. С их помощью обосновываются мероприятия, направленные на снижение дефектности продукции, уменьшение потерь производства, повышение эффективности контроля качества продукции.

Результаты решения этой задачи могут быть использованы в качестве исходной информации для реализации оптимизационных задач технико-экономического управления качеством продукции. Себестоимость изделия на этапе изготовления в таком случае может быть представлена как сумма

затрат по единичным показателям качества плюс неучтенные затраты Ао, характеризующие часть затрат, не связанных с обеспечением показателей качества, а также не поддающиеся количественному учету и измерению

$$С_{пр} = A_о + \sum_{j=1}^{g} З_j .$$

На многих промышленных предприятиях уровень дефектной продукции занимает значительный удельный вес в общем объеме производства. В этой связи важное значение имеют определение и учет затрат и потерь производства по основным видам дефектов. Решению этой задачи должен предшествовать анализ качества выпускаемой продукции в направлении выявления основных дефектов и составления классификации по их видам, месту возникновения и обнаружения в технологическом процессе. Приняв за основу технологический принцип, затраты на f-й вид дефекта можно определить по следующей формуле:

$$З_{д.f} = \sum_{i=1}^{m} З_{к.i} К_{if} + \sum_{i=1}^{m} d_{fi} Ф_{fi} + \sum_{i=1}^{m} Р_{fi} Ф'_{fi},$$

Где: Здf - затраты производства на f-й дефект;

$З_{ki}$ - затраты на контроль по i-м операциям;

$К_{if}$ - коэффициент пропорциональности распределения затрат на контроль по f-м дефектам;

d_{fi} - затраты на исправление f-го дефекта на i-й операции;

$Ф_{fi}$ - количество f-х дефектов на i-х операциях;

$Р_{fi}$ - потери производства в результате неисправимого брака, обнаруженного в i-х операциях;

$Ф'_{fi}$ - количество неисправимых дефектов, обнаруженных на i-х операциях;

i=1,m - число контрольных операций;

f = 1,l - число видов дефектов в изделии.

В целом по изделию затраты на дефектность могут быть определены как сумма затрат производства по всем видам дефектов

$$З_д = \sum_{i=1}^{m} \sum_{f=1}^{l} З_{к.i} К_{if} + \sum_{i=1}^{m} \sum_{f=1}^{l} d_{fi} Ф_{fi} + \sum_{i=1}^{m} \sum_{f=1}^{l} Р_{fi} Ф'_{fi}.$$

Результаты решения перечисленных задач служат информационной базой технико-экономического анализа, основная цель которого выявить влияние

различных факторов и условий производства на уровень качества выпускаемой продукции.

Лабораторная работа №1

Исследование качества продукции методами статистического анализа

Цель работы.

Ознакомление с теоретическими предпосылками, положенными в основу методов статистического анализа и их практического применения для исследования качества деталей.

Взяв выборку из генеральной совокупности и вычисляя статистические характеристики этой выборки - $\overline{X}$ и S, можно с некоторой приближенностью считать, что эти характеристики по своим величинам будуг близки к соответствующим параметрам генеральной совокупности – X_0 и σ_0 , то есть это их оценки.

Если

$$\overline{X}_0 \approx \overline{X}, \quad \sigma_0 \approx S,$$

Где: $\overline{X}_0$, $\overline{X}$ - среднеарифметические значения случайной величины соответственно в генеральной совокупности и в вьборке объема n;

σ_0 , S - среднеквадратичные отклонения изучаемой величины соответственно генеральной совокупности и в выборке из нее n, то по заданной точности ε и вероятности α приближенного равенства $\sigma_0 \sim S$ можно определить необходимый объем выборки

$$n \geq \frac{t^2}{2q^2},$$

где: t определяется в зависимости от вероятности α, q = ε/σ.

Значения t, α и q задает преподаватель. По этим величинам определяется объем выборки.

Затем студенты измеряют. параметр X. При этом необходимо, чтобы цена деления шкалы измерительного инструмента была бы равна (1/6, …, 1/10)2d, где 2d - допуск на размер детали.

Результаты измерений записываются в табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4 . l

Результаты измерений

Номер замера	Значение X	Номер замера	Значение X	Номер замера	Значение X
1		21		41	
2		22		42	
3		23		43	
...		...		...	
20		40	и т.д.		

Далее необходимо обработать статистические данные. Находим наибольшее X_{max} и наименьшее X_{min} значения наблюдаемого параметра X.
Размах варьирования или широта распределения при этом составляет

$$X_{max} - X_{min}.$$

Задав число интервалов n (m = 7 при n = 5 - 100, m = 9 - 15 при n > 100), определяем цену интервала:

$$C = \frac{X_{max} - X_{min}}{m}.$$

Цена интервала должна быть больше (или равна) цены деления шкалы измерительного инструмента или прибора, что компенсирует погрешность измерения. Подсчет частот по каждому интервалу удобно производить следующими способами. Слева выписывают интервалы оггX$_{min}$ до X_{min} + C; от X_{min} + C до X_{min} + 2C и т.д. В каждый интервал включают размеры, лежащие в пределах от наименьшего значения интервала включительно, до наибольшего значения интервала, исключая его. Справа при помощи черточек подсчитывают число размеров по интервалам (табл. 4.2).
Т а б л и ц а 4.2.
Расчет числа размеров по интервалам

Интервалы		Подсчет частот	Частота f
от	до		
X_{min}	$X_{min} + C$	|||	3
$X_{min} + C$	$X_{min} + 2C$	||||||	6
...	...	...	...
...	X_{max}	||	2
			$\sum f_i = n$

По данным табл. 4.2 вычерчивают эмпирическую (экспериментальную) кривую распределения (по оси абсцисс откладывают середины интервалов, по оси ординат - частоты). На основании таблицы частот и эмпирической кривой распределения выдвигается гипотеза о распределении случайной величины. В нашем случае правомерна гипотеза о нормальном распределении, которое часто применяется при решении задач математической статистики и стати-
Стического контроля качества. Такое распределение свидетельствует об устойчивости технологического процесса, так как замеры со значительными отклонениями от номинального размера встречаются редко. Выдвинутую гипотезу необходимо проверить.

Чтобы найти и проверить закон распределения студенты рассчитывают числовые характеристики:

- среднеарифметическое отклонение по формуле

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i$$

- среднеквадратичное отклонение по формуле

$$S^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - x)^2,$$

где: n - объем выборки;

x_i - найденные размеры.

Вычисление среднеарифметического и среднеквадратичного отклонения при наличии обширных рядов измерений весьма трудоемко. Поэтому на практике для расчета этих статистических характеристик составляют таблицу предварительной обработки данных (табл. 4.3).

Т а 6 л и ц а 4 . 3

Расчет статистических характеристик измеряемых величин

Интервал		Середнна интервала X_i	Частота f_i	f_iX_i	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$f_i(x_i - \bar{x})^2$
от	до						
			$\sum f_i$	$\sum f_iX_i$			$\sum f_i(x_i - \bar{x})^2$

Тогда вместо формулы 4.4 можно пользоваться формулой:

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{m} fx_i,$$

а вместо формулы 4.5 можно делать расчеты по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m} f_i(x_i - x)^2}{n}}.$$

Теперь следует проверить гипотезу нормальности распределения совокупности, из которой была взята выборка. Для этого нужно составить вспомогательную таблицу для вычисления критерия λ (табл. 4.4).

Т а б л и ц а 4.4.

Промежуточные расчеты

Середнна разряда X_i	t	Z_t	$f' = \frac{nc}{S} Z_t$	f	N'_x	N_x	$\lvert N'_x - N_x \rvert$

В таблице значение t вычислено по формуле:

$$t = \frac{|x_i - x|}{S}.$$

Значения Z_t взяты из табл. 4.5.

Т а 6 п и ц а 4 . 5

Нормальное распределение вероятностей

t	Z_t	t	Z_t	t	Z_t
0,0	0,3989	1,4	0,1497	2,8	0,0070
0,1	0,3980	1,5	0,1295	2,9	0,0060
0,2	0,3910	1,6	0,1109	3,0	0,0044
0,3	0,3814	1,7	0,0940	3,1	0,0033
0,4	0,3683	1,8	0,0790	3,2	0,0024
0,5	0,3521	1,9	0,0656	3,3	0,0017
0,6	0,3332	2,0	0,0540	3,4	0,0012
0,7	0,3123	2,1	0,0440	3,5	0,0009
0,8	0,2897	2,2	0,0355	3,6	0,0006
0,9	0,2661	2,3	0,0289	3,7	0,0004
1,0	0,2420	2,4	0,0224	3,8	0,0003
1,1	0,2179	2,5	0,0175	3,9	0,0002
1,2	0,1942	2,6	0,0136		
1,3	0,1714	2,7	0,0104		

Значение nc/S постоянно для всех значений Z_t . Определяем f' - теоретическую частоту. По теоретическим частотам f' строим теоретическую кривую распределения в том же масштабе, что был принят для построения эмпирической кривой. Совмещая эмпирическую и теоретическую кривые распределения, можно предварительно оценить близость эмпирического распределения к предлагаемому теоретическому. Для более точной оценки нужно вычислить N_x и N'_x - накопленные эмпирические и теоретические частоты, прибавляя к каждому значению f_i и f'_i - суммы предшествующих значений f_{i-1} или f'_{i-1}.

Критерий λ находим по формуле:

$$\lambda = \frac{\left|N_x - N'_x\right|_{\max}}{n}\sqrt{n}.$$

По табл. 4.6 находим P(λ).

Т а б л и ц а 4. 6.

Определение вероятности критерия λ

λ	P(λ)	λ	P(λ)	λ	P(λ)
0,30	1,0000	0,80	0,5441	1,60	0,0120
0,35	0,9997	0,85	0,4653	1,70	0,0062
0,40	0,9972	0,90	0,3927	1,80	0,0032
0,45	0,9874	0,95	0,3275	1,90	0,0015
0,50	0,9639	1,00	0,2700	2,00	0,0007
0,55	0,9228	1,10	0,1777	2,10	0,0003
0,60	0,8643	1,20	0,1122	2,20	0,0001
0,65	0,7920	1,30	0,0681	2,30	0,0000
0,70	0,7112	1,40	0,0397	2,40	0,0000
0,75	0,6272	1,50	0,0222	2,50	0,0000

Если вероятность P(λ) окажется очень малой (практически, когда P(λ) ≤ 0,05), то расхождение эмпирического и теоретического распределения считается существенным, а не случайным, и гипотеза о нормальности закона распределения величины X отвергается.

Процент возможного брака определяется из сопоставления $\overline{X}$, S и заданных границ допуска x_1 , x_2 .

Процент возможного брака по верхнему пределу:

$$q_1 = \left[0{,}5 - \Phi\left(\frac{x_1 - \bar{x}}{S}\right)\right] \times 100 = [0{,}5 - \Phi(t_1)] \times 100.$$

Процент возможного брака по нижнему пределу:

$$q_2 = \left[0{,}5 - \Phi\left(\frac{\bar{x} - x_2}{S}\right)\right] \times 100 = [0{,}5 - \Phi(t_2)] \times 100.$$

Вероятное количество годных изделий в партии

$$q_3 = \left[\Phi\left(\frac{x_1 - \bar{x}}{S}\right) + \Phi\left(\frac{\bar{x} - x_2}{S}\right)\right] \times 100 = [\Phi(t_1) + \Phi(t_2)] \times 100,$$

где: Φ(t) - нормированная функция Лапласа (находят по табл. 4.7);

x_1, x_2 - соответственно верхняя и нижняя границы поля допуска.

<u>Техническое оснащение.</u>

В качестве технических средств используются микрометры типа МК, предназначенные для наружных измерений линейных размеров с ценой

деления 0,01 и допустимой погрешностью 0,004. Вычисления производятся с помощью микрокалькулятора.

Порядок выполнения работы.

1. Получить у преподавателя исходные данные для исследования партии деталей (Табл. 4.8).
2. Определить объем выборки (формула 4.1).
3. Взять из партии выборку требуемого обьема.
4. Измерить параметр X.
5. Обработать статистические данные и вычислить характеристики распределения (табл. 4.3-4.7).
6. Вычертить эмпирическую кривую распределения.
7. Определить критерий согласия, построить график теоретического распределения и сравнить его с экспериментальной кривой распределения (формулы 4.8, 4.9).
8. Определить вероятный процент брака и годных деталей в партии исследуемых деталей (формулы 4.10-4. 12).
9. Сформулировать выводы и предложения по результатам исследования.

Т а б л и ц а 4. 7.

Нормированная функция Лапласа

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
1	2	3	4	5	6
0,00	0,0000	0,74	0,2704	1,48	0,4306
0,02	0,0008	0,76	0,2764	1,50	0,4332
0,04	0,0016	0,78	0,2823	1,52	0,4357
0,06	0,0024	0,80	0,2881	1,54	0,4382
0,08	0,0032	0,82	0,2939	1,56	0,4406
0,10	0,0040	0,84	0,2995	1,58	0,4429
0,12	0,0048	0,86	0,3051	1,60	0,4452
0,14	0,0557	0,88	0,3106	1,62	0,4474
0,16	0,0636	0,90	0,3159	1,64	0,4495
0,18	0,0714	0,92	0,3212	1,66	0,4515
0,20	0,0793	0,94	0,3264	1,68	0,4533
0,22	0,0871	0,96	0,3315	1,70	0,4554
0,24	0,0948	0,98	0,3365	1,72	0,4573
0,26	0,1026	1,00	0,3412	1,74	0,4591
0,28	0,1103	1,02	0,3461	1,76	0,4608
0,30	0,1179	1,04	0,3508	1,78	0,4625
0,32	0,1255	1,06	0,3554	1,80	0,4641
0,34	0,1331	1,08	0,3599	1,82	0,4656
0,36	0,1406	1,10	0,3643	1,84	0,4671
0,38	0,1480	1,12	0,3686	1,86	0,4688
0,40	0,1554	1,14	0,3729	1,88	0,4699
0,42	0,1628	1,16	0,3770	1,90	0,4713
0,44	0,1700	1,18	0,3810	1,92	0,4726
0,46	0,1772	1,20	0,3849	1,94	0,4738
0,48	0,1844	1,22	0,3888	1,96	0,4750
0,50	0,1915	1,24	0,3925	1,98	0,4761
0,52	0,1985	1,26	0,3962	2,00	0,4772
0,54	0,2054	1,28	0,3997	2,02	0,4783

Продолжение табл. 4.7

1	2	3	4	5	6
0,56	0,2123	1,30	0,4032	2,04	0,4793
0,58	0,2190	1,32	0,4066	2,06	0,4803
0,60	0,2257	1,34	0,4099	2,08	0,4812
0,62	0,2324	1,36	0,4131	2,10	0,4821
0,64	0,2389	1,38	0,4162	2,12	0,4830
0,66	0,2454	1,40	0,4192	2,14	0,4838
0,68	0,2517	1,42	0,4222	2,16	0,4846
0,70	0,2580	1,44	0,4251	2,18	0,4854
0,72	0,2642	1,46	0,4279	2,20	0,4861
2,22	0,4868	2,48	0,4934	2,78	0,4973
2,24	0,4875	2,50	0,4938	2,82	0,4976
2,26	0,4881	2,52	0,4941	2,86	0,4979
2,28	0,4887	2,54	0,4945	2,90	0,4981
2,30	0,4893	2,56	0,4948	3,00	0,4986
2,32	0,4898	2,58	0,4951	3,20	0,4993
2,34	0,4904	2,60	0,4953	3,40	0,4996
2,36	0,4909	2,62	0,4956	3,60	0,4998
2,38	0,4913	2,64	0,4959	3,80	0,499929
2,40	0,4918	2,66	0,4961	4,00	0,499968
2,42	0,4922	2,68	0,4963	4,50	0,499997
2,44	0,4927	2,70	0,4965	5,00	0,499999
2,46	0,4931	2,74	0,4969		

Таблица 4.8.

Исходные данные для измерений

Номер варианта	t	α	q
1	1,70	0,9101	0,17
2	1,79	0,9266	0,17
3	1,80	0,9282	0,18
4	1,85	0,9356	0,18
5	1,87	0,9386	0,18
6	1,90	0,9426	0,18
7	1,91	0,9438	0,18
8	1,92	0,9452	0,19
9	1,93	0,9464	0,19
10	1,94	0,9476	0,19

11	1,95	0,9488	0,19
12	1,96	0,9500	0,20
13	1,99	0,9534	0,20
14	2,00	0,9544	0,20
15	2,08	0,9600	0,20
16	2,10	0,9600	0,20
17	2,14	0,9488	0,19
18	2,20	0,9680	0,21
19	2,20	0,9680	0,22
20	2,40	0,9722	0,22

Содержание отчета.

1. Изложение сущности и значения статистических методов, применяемых для анализа контроля качества деталей.

2. Результаты статистического анализа и приемочного контроля качества партии деталей:

а) исходные данные;

б) расчетные формулы с обозначением их элементов;

в) определение объема выборки;

г) таблица результатов измерений параметров в выборке;

д) обработка статистических данных и вычисление Y и S.

е) определение критерия согласия и сравнение экспериментального распределения с нормальным законом;

ж) экспериментальная и теоретическая кривые распределения;

з) расчет вероятного процента брака и годных деталей в партии.

3. Выводы по результатам выполненного статистического исследования.

<u>Контрольные вопросы.</u>

1. Назовите виды статистического контроля качества.

2. В чем заключается эффективность статистических методов контроля качества?

3. Где можно применять статистические методы контроля качества?

4. Что характеризует среднеарифметическое значение и среднеквадратичное отклонение?

Лабораторная работа №2

Исследование качества технологических процессов методом предупредительного статистического контроля

Цель работы.

Изучение сущности предупредительного статистического контроля и практическое его освоение для оценки качества технологического процссса и продукции. Наиболее полное представление о ходе производственного процесса изготовления детали можно получить методом точечных диаграмм или, другими словами, путем построения контрольных графиков. Опыт показывает, что отклонения качества продукции, связанные с разладкой оборудования или износом инструментов, проявляются не сразу, а постепенно. Поэтому систематически наблюдая за отклонениями от заданных условий, можно легко обнаружить это нарастание и заранее предвидеть момент появления брака, а, следовательно, и принять меры для его предупреждения.

Основные методы статистического контроля характеризуются следующими особенностями.

1. Метод средних значений и размахов в пробах. На контрольную диаграмму наносятся точки, соответствующие величинам среднеарифметических значений и размаха варьирования по каждой пробе. При устойчивом процессе точки средних значений не должны выходитъ за пределы контрольных границ $А_1$ и $А_2$, а размах - за пределы $А_3$. При выходе средних значений за пределы границ $А_1$ и $А_2$ требуется наладка процесса, а при выходе размаха за пределы границ $А_3$ устранение причин повышенного размаха. Этот метод применяется

при низкой точности измерительного инструмента, то есть при цене деления крупнее 1/6 части допуска, при малых пробах (3-4 шт.), в случае сложности измерения и при необходимости высокой точности с пробами из 5 шт.

2. Метод медиан и крайних значений на совмещенном контрольном графике. На контрольную диаграмму наносятся точки, соответствующие значениям медиан и всех замеров деталей в пробах. При устойчивом процессе значения медиан не выходят из пределов внутренних контрольных границ $А_1$ и $А_2$, в крайнее значение - из пределов внешних границ $Б_1$ и $Б_2$. Этот метод применяется для контроля за такими параметрами деталей, которые имеют заметное рассеивание в пробах из пяти штук. Медианой при

нечетном числе деталей в пробе является контролируемый параметр детали, занимающей
срединное положение, а при четном количестве - среднее арифметическое из двух членов, занимающих срединное положение. Контрольные границы рассчитывают по данным статистического анализа, исходя из предположения, что зона рассеивания должна быть не более допуска на контролируемый параметр, то есть $6\sigma < \delta$, принимая для расчетов $\sigma = \delta/6$ и $\overline{X}$ - равное среднему значению параметра по чертежу или по техническому условию.

При расчете контрольных линий на диаграммах для статистического контроля исходят из действительных значений $\overline{X}$ и σ, полученных в результате предварительного статистического анализа процесса. Эти данные задаются преподавателем.

3. Метод средних и размаха:

$$A_1 = \overline{X} + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}},$$

$$A_2 = \overline{X} - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}},$$

$$A_3 = \overline{R}\left(1 + \frac{3T_n}{d_n}\right),$$

где: $\overline{X}$ - среднее арифметическое;

σ - среднеквадратичное отклонение;

n - объем пробы;

$\overline{R}$ - средний размах - среднее арифметическое размаха по пробам;

T_n , d_n - коэффициенты, зависящие от объема пробы (табл. 4.9).

$$\overline{R} = \frac{\sum_{i=1}^{m} R_i}{m},$$

Где: R_i - размах (разница между максимальным и минимальным значениями параметра в пробе) в i-й пробе;

m - количество проб.

Т а б л и ц а 4.9.

Исходные данные для расчета

n	3	4	5	6	7	8	9
d_n	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,870
T_n		0,880	0,863	0,848	0,967	0,802	0,800
K	2,320	2,420	2,500	2,580	2,620	2,660	2,700

4. Метод медиан и крайних значений:

$$А_1 = \overline{X} + \frac{3{,}5\sigma}{\sqrt{n}},$$

$$А_2 = \overline{X} - \frac{3{,}5\sigma}{\sqrt{n}},$$

$$Б_1 = \overline{X} + K\sigma,$$

$$Б_2 = \overline{X} - K\sigma,$$

где: К - коэффициент, зависящий от объема пробы (табл. 4.9).

Для определения периода отбора проб при статистическом контроле обычно руководствуются данными статистического анализа, в результате которого устанавливается степень стабильности процесса во времени и период между двумя подналадками. При систематическом изменении контролируемого параметра по данным статистического анализа определяется его нарастание (уменьшение) на одну деталь по формуле

$$Д = \frac{X_z - X_0}{Z},$$

Где: X_0 - начальное значение контролируемого параметра деталей;

Xz - конечное значение параметра;

Z - количество изготовленных деталей за период от Xo до Xz.

Период отбора проб, выраженный числом обработанных деталей определяют по формуле

$$T \le \frac{А_1 - А_2}{Д}.$$

Зная время обработки деталей $t_{шт}$, период отбора проб определяют по формуле:

$$t \le T \times t_{шт}.$$

При t ≤ 15 мин. применение статистического контроля нецелесообразно и необходимо применение автоматических подналадчиков.

Количество проб в партии определяют по формуле:

$$m = \frac{N}{T + n},$$

Где: N - количество деталей в партии;

n - объем одной пробы.

Бланк контрольного трафика по методу средних и размаха показан на рис. 4.1

Наносим на бланк графика контрольные границы A_1 , A_2 и A_3 , а также границы допусков X_{max} и X_{min} .

Значения контролируемого параметра детали записывают в таблицу, расположенную под графиком. При этом записывается для краткости только изменяемая часть числа. Затем определяется и записывается сумма., среднее значение, максимальное значение, минимальное и величина размаха в пробе 1. Точки средней и размаха наносят на график. Оценивают степень качества деталей. Затем берутся новые пробы, и результаты их расчетов наносят на график и оценивают.

Каждый случай разладки и наладки регистрируется в отчете. На графике эти точки показывают со стрелками по направдению подналадки и с указанием ее номера в пробе. Если средние выпадают за пределы чертежного допуска, то в отчете указывается, что вся продукция между этой и предыдущей пробой рассматривается и негодная часть бракуется или возвращается на исправление, а оборудование налаживается.

Бланк контрольного графика по методу медиан и крайних значений показан на рис. 4.2.

Наносим на бланк графика контрольные границы A_1 , A_2 , $Б_1$ и $Б_2$, а также границы допусков X_{max} и X_{min}. Значения контролируемого параметра детал нанести на график в пределах зоны рассматриваемой пробы. Значение параметра детали, находящейся в средине рассеивания пробы, принимается за значение медианы и отмечается крестом. По расположению крайних точек и медиан оценивается качество детали и ход технологического процесса. При выходе значений за контрольные границы нужно отметить это на графике и в отчете.

<u>Техническое оснащение.</u>

В качестве технических средств используются микрометры типа МК, предназначенные для наружных измерений линейных размеров с ценой деления 0,01 и допустимой погрешностью :I:0,004. Вычисления производятся с помощью микрокалькулятора.

<u>Порядок выполнения работы</u>.

1. По заданным значениям $\overline{X}$ и σ определить контрольные траницы по методу средних размахов в пробах (формулы 4. 13-4. 16) и по методу медиан и крайних значений (формулы 4.17-4.2О).
2. Провести измерения параметра X.
3. Заполнить бланки контрольных графиков.
4. Сделать выводы по результатам статистического исследования.

Группа	Контрольный график				Наименование детали, Ф.И.О. студета						Объем пробы, шт.						Отбор проб через $t_{шт}$					
Номера проб		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	
Средние	**Масштаб**									x_{max}												A_1
										x_{min}												A_2
Размах																						A_3
Экземпляры в пробе	**1**																					
	2																					
	3																					
	4																					
	5																					
Сумма																						
Среднее																						
Максимум																						
Минимум																						
Размах																						

Рис. 4.1. Бланк контрольного графика по методу средних величин и размахов

Номера проб		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	
Средние	**Масштаб**									x_{max}												A_1
										x_{min}												A_2
Размах																						A_3
Экземпляры в пробе	**1**																					
	2																					
	3																					
	4																					
	5																					
Сумма																						
Среднее																						
Максимум																						
Минимум																						
Размах																						

Рис. 4.1. Бланк контрольного графика по методу средних величин и размахов

Группа	Контрольный график №			Наименование детали, Ф.И.О. студента						Объем пробы, шт.						Отбор проб через $t_{шт}$					
Номера проб		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Шкала, м	…									X_{max}												$Б_1$
	…																					$А_1$
	…																					
	…																					$А_2$
	…									X_{min}												$Б_2$

Рис. 4.2. Бланк контрольного графика по методу медиан и крайних значений

	Контрольный график №									Объем пробы, шт.						Отбор проб через $t_{шт}$					
Номера проб	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Шкала, м	…									X_{max}											Б$_1$
	…																				А$_1$
	…																				
	…																				А$_2$
	…									X_{min}											Б$_2$

Рис. 4.2. Бланк контрольного графика по методу медиан и крайних значений

Содержание отчета.

1. Краткое описание сущности методов предупредительного статистического контроля и область их применения.
2. Расчеты контрольных границ.
3. Бланки контрольных графиков с оценкой качества деталей и стабильности процесса, а также с указанием необходимости подналадок с оценкой их результатов.

Контрольные вопросы.

1. Назовите виды статистического контроля качества.
2. В чем эффективность статистических методов управления качеством?
3. Назовите виды контрольных графиков.
4. Порядок заполнения контрольных графиков.
5. Какие выводы можно сделать на основе контрольного графика?