

4 ПОНЯТИЕ О КОНТРОЛЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОДУКЦИИ

Многие параметры, характеризующие технический уровень и качество продукции, как было показано в предыдущей главе, могут и должны быть измерены и проконтролированы. В переводе с английского языка глагол «*to control*» обозначает «*проверить, контролировать; управлять*». Таким образом, в широком смысле понятие «**контроль**» включает в себя не только проверку соответствия каким-либо нормам, но и управление процессами, которые обуславливают данное соответствие.

В настоящей главе мы рассмотрим только первое значение понятия «контроль», т.е. то его свойство, которое связано с проверкой соответствия параметров продукции заданной норме.

В соответствии с [14] **контроль** представляет собой или измерение, или процесс переработки измерительной информации.

4.1 Сущность контроля

Под контролем (в узком смысле данного понятия) подразумевают проверку соответствия норме, устанавливаемой заранее. Процедура проверки обязательно заканчивается принятием решения: «соответствует норме – не соответствует норме», «годное изделие – брак» и т.д. Наличие нормы предполагает градацию количественной характеристики любого параметра, даже качественного.

Каждый вид контроля основан на **измерении**. Выделяют **контроль размеров** и **контроль значений**. Математическая модель теоретического *сравнения контролируемого размера, A , с нормой, A_n* , представляется в виде неравенства:

$$A \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} A_n.$$

Примером такого сравнения может служить контроль отверстия соответствующего качества калибром-пробкой.

На практике проверка соответствия норме выполняется в условиях помех и различных влияющих факторов. Их совокупное воздействие учитывается случайным слагаемым F . Тогда можно записать:

$$A + F \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} A_n, \quad (4.1.)$$

где A_n – некоторое пороговое значение случайного размера.

В данном случае знаки неравенства носят уже стохастический характер в виду случайности левой его части. Следовательно, и результат контроля также оказывается случайным.

Выражение (4.1.) представляет собой математическую модель измерения по шкале порядка. Таким образом, контроль размеров по данной зависимости является измерением, а результат измерения согласно основному постулату метрологии всегда случайный.

Контроль значений по зависимости

$$A \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} A_n \quad (4.2.)$$

определяет процедуру сравнения по шкале порядка и не является измерением. Однако контролируемое значение A может быть получено только в результате измерения, поскольку в противном случае отпадает надобность в контроле. Следовательно, значение A может быть только случайным, а результат контроля может рассматриваться лишь с некоторой вероятностью.

Измерение по шкале интервалов

$$A - A_n + F = \Delta A$$

является контролем размеров на основании которого устанавливается соответствие контролируемого размера A норме A_n . Результаты такого контроля используют в системах автоматического регулирования, а также для стабилизации технологических процессов и их наладки. Согласно основному постулату метрологии величина ΔA всегда случайна.

Контроль значений по шкале интервалов по зависимости

$$A - A_n = \Delta A$$

также не является измерением. Значение интервала ΔA получается расчетным путем. Однако, как и в предыдущем случае, контролируемое значение A может быть только случайным результатом измерения. Следовательно, и величина интервала ΔA также будет случайной.

Таким образом, во всех рассмотренных случаях результат контроля является **случайным**.

4.2 Классификация методов и видов контроля

Контроль может осуществляться **инструментальным** и **экспертным** методом.

Инструментальный метод контроля является **техническим методом**. По степени участия человека в контрольных операциях технический контроль подразделяется на:

- ручной, $\zeta > 0,5$;
- автоматизированный, $0,02 \leq \zeta < 0,5$;
- автоматический, $\zeta < 0,02$,

где $\zeta = t_p / t_c$ – отношение времени, затрачиваемого на ручные операции, t_p , к суммарному времени контроля, t_c .

Целесообразность автоматизации контроля возрастает с повышением серийности производства.

Экспертный метод контроля применяется в случаях невозможности или экономической нецелесообразности применения технического контроля. Разновидностью данного метода является **органолептический контроль**, при котором в качестве средств контроля выступают органы чувств человека, например, внешний осмотр изделия.

Теперь рассмотрим различные виды контроля в соответствии с принятыми классификационными признаками.

По возможности использования продукции после выполнения контрольных операций различают **разрушающий** и **неразрушающий** виды технического контроля. При *разрушающем* контроле определение степени соответствия контролируемого параметра норме сопровождается разрушением объекта контроля. Таким образом, например, проверяют изделия на прочность. Также разрушающий контроль проводится в случае его экономической целесообразности перед неразрушающим контролем. Стоит отметить, что разрушающий контроль не применяется для изделий единичного производства.

При *неразрушающем* контроле соответствие контролируемого параметра норме определяется в результате взаимодействия различных физических полей и излучений с объектом контроля. Причем, интенсивность указанных полей принимается таковой, чтобы не только не произошло разрушение объекта контроля, но и не произошло изменений свойств объекта за время проведения контрольных операций.

В зависимости от природы применяемых физических полей и излучений различают 9 основных групп неразрушающего контроля:

- акустические методы (резонансные, эмиссионные, метод свободных колебаний и др.);
- радиационные (гамма-излучение, нейтронные, рентгеновские и др.);
- оптические (методы прошедшего, отраженного, собственного излучений);
- тепловые (методы прошедшего, отраженного, собственного излучений);
- радиоволновые (методы прошедшего, отраженного, собственного излучений);
- магнитные (магнитопорошковые, индукционные, магнитографические и др.);

- электрические;
- проникающих веществ.

По характеру распределения во времени различают **непрерывный, периодический и летучий** контроль.

Непрерывный контроль заключается в непрерывной проверке соответствия контролируемых параметров нормам в течение всего процесса изготовления изделия или определенной стадии его жизненного цикла. Такой контроль обычно является автоматическим.

При *периодическом* контроле измерительную информацию получают периодически через установленные интервалы времени. Период контроля может быть как меньше, так и больше продолжительности одной технологической операции. В случае совпадения указанных промежутков времени контроль называется **операционным** или **послеоперационным**.

Летучий контроль проводится в случайные моменты времени, т.е. такой контроль является внезапным, или незапланированным.

В зависимости от исполнителя контроль подразделяется на **самоконтроль** (проводится самим оператором, рабочим), **контроль, выполняемый мастером, контроль ОТК, инспекционный контроль** (осуществляется специально уполномоченными представителями). *Инспекционный* контроль, в свою очередь, может быть **ведомственным, межведомственным, государственным**.

По стадиям технологического (производственного) процесса различают **входной, операционный и приемочный** контроль.

Входному контролю подвергают все то, что используется для изготовления продукции или ее эксплуатации (сырье, исходные материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия и др.).

Операционный контроль еще незавершенной продукции проводится на всех операциях производственного процесса.

Приемочный контроль готовых деталей, сборочных единиц и монтажных единиц осуществляется в конце технологического процесса.

По характеру воздействия на ход производственного процесса контроль подразделяют на **активный и пассивный**.

При *активном* контроле его результаты непрерывно используются для управления технологическим процессом. В этом случае контроль образует с технологическим процессом единый контрольно-технологический процесс. Активный контроль, как правило, автоматический.

Пассивный контроль осуществляется после завершения или отдельной технологической операции, или всего технологического

процесса изготовления изделия. Он может быть ручным, автоматизированным и автоматическим.

В зависимости от места проведения различают **подвижный** и **стационарный** контроль.

Подвижный контроль проводится непосредственно на рабочих местах. Применяется при операционном контроле; при контроле громоздких, нетранспортабельных изделий; при единичном, мелкосерийном производстве; при контроле качества сборочных операций.

Стационарный контроль проводится на специально оборудованных рабочих местах. Характерен для серийного, крупносерийного и массового типов производства.

По объекту контроля различают контроль качества выпускаемой продукции, товарной и сопроводительной документации, технологического процесса, средств технологического оснащения, прохождения рекламаций, соблюдения условий эксплуатации, соблюдения технологической дисциплины и квалификации исполнителей.

По числу измерений различают **однократный** и **многократный** контроль.

По способу отбора изделий, подвергаемых контролю, различают **сплошной** и **выборочный** контроль.

Сплошной (стоцентный) контроль всех, без исключения, изготовленных изделий применяется при единичном, мелкосерийном производстве, на стадии освоения новой продукции. Такому же контролю подвергаются продукция, от работоспособности которой зависит жизнь людей.

Выборочный контроль проводится во всех остальных случаях. Характерен для серийного, крупносерийного и массового производства. В этом случае большая партия изделий принимается в качестве **генеральной совокупности**, а контролю подвергается только часть партии – **выборка**, формируемая по определенным правилам, обеспечивающим случайный набор изделий.

По данным контроля выборки принимается решения о всей генеральной совокупности; если число бракованных изделий в выборке не превышает нормы, то вся партия признается годной; если число бракованных изделий в выборке превышает норму, то вся партия бракуется. Отношение между генеральной совокупностью и выборкой показано на рис. 4.1.

При выборочном контроле в выборку, отобранную случайным образом из генеральной совокупности, может попасть дефектных изделий (в процентном отношении) больше, чем их содержится в

генеральной совокупности. При этом вся партия будет ошибочно забракована. Такое решение называется **ошибкой I рода**.

Возможен и другой случай, когда дефектных изделий (в процентном отношении) в выборке окажется меньше, чем на самом деле содержится в генеральной совокупности. При этом вся партия ошибочно признается годной. Такое решение называется **ошибкой II рода**.

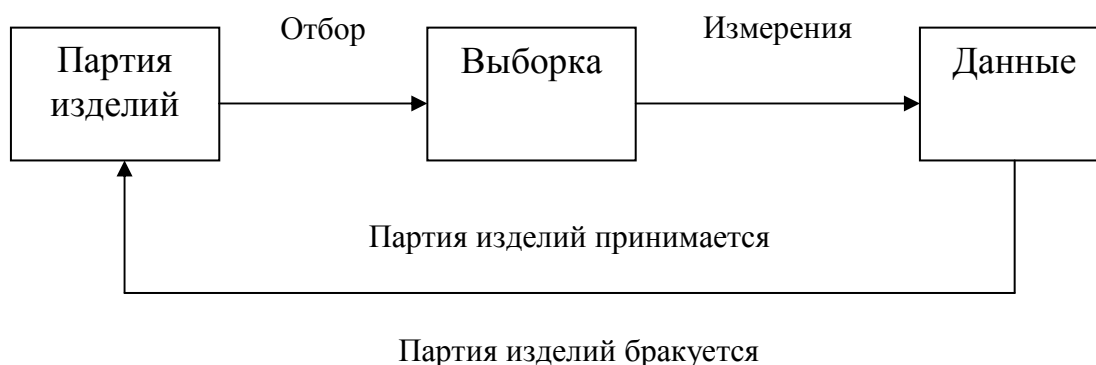


Рис. 4.1 – Отношение между генеральной совокупностью и выборкой (схема контроля)

Если обозначить через N общее число изделий в партии, среди которых имеется число N_0 дефектных изделий, через n – число изделий в выборке (объем выборки), среди которых имеется число x дефектных изделий, то можно рассчитать два параметра:

- доля дефектных изделий в партии

$$P = N_0 / N;$$

- доля дефектных изделий в выборке

$$p = x / n.$$

В общем случае $p \neq P$, что и является причиной ошибок двоякого рода при выборочном контроле. Если $p > P$, то возникает уже указанная ошибка I рода; если $p < P$, то возникает ошибка II рода. В случае $p = P$ принимается верное решение.

4.3 Выборочный контроль параметров продукции

Как было сказано выше выборочный контроль применяется в серийном, крупносерийном и массовом типах производства, поскольку сплошной контроль в этом случае экономически нецелесообразен.

Решение о крупной партии изделий (генеральной совокупности) принимается на основании результатов контроля только лишь некоторой ее части (выборки), см. рис. 4.1. Поэтому к качеству выборки предъявляются высокие требования. Если ее качество соответствует качеству генеральной совокупности, то такая выборка называется *репрезентативной (представительной)*.

Формирование представительной выборки является необходимым условием выборочного контроля. Оно соблюдается при выполнении следующих требований:

1. Выборка должна быть случайной, т.е. каждое изделие из генеральной совокупности должно иметь одинаковую вероятность попадания в выборку.

Этого можно достичь различными способами. Первый, самый простой, способ заключается в том, что изделия, входящие в генеральную совокупность, перемешивают и наугад выбирают экземпляры, включаемые в выборку. При невозможности такого действия, все изделия из генеральной совокупности нумеруют, а затем выборку формируют по номерам изделий с помощью таблиц случайных чисел или с использованием MS Excel.

При использовании электронных таблиц применяется функция

СЛУЧМЕЖДУ (нижн_гран; верхн_гран),

где под нижней и верхней границами массива понимаются номера соответственно первого и последнего изделия из генеральной совокупности.

В таблице 4.1 приведены результаты формирования случайной выборки, состоящей из 20 изделий, из генеральной совокупности, содержащей 600 изделий, с помощью электронных таблиц MS Excel.

Таблица 4.1 – Номера изделий, включенных в выборку

23	239	33	269	462	311	132	497	511	503
193	530	383	28	455	452	536	440	139	30

Для формирования случайной выборки также можно использовать генераторы случайных чисел. Некоторые методы

генерации случайных (правильнее сказать – псевдослучайных) чисел приведены, например, в [6].

Однако при таком способе формирования выборки может оказаться, что один и тот же номер изделия встречается в выборке неоднократно. Это соответствует **выборке с возвратом**, когда уже проконтролированное изделие возвращается обратно в выборку. При невозвращении проконтролированных изделий в выборку получаем **выборку без возврата**, которая может быть получена исключением повторяющихся номеров изделий.

2. Выборка должна иметь объем, достаточный для того, чтобы статистические характеристики, полученные по выборочным данным, соответствовали бы статистическим характеристикам генеральной совокупности. С другой стороны, неограниченно увеличивать объем выборки не рекомендуется, поскольку незначительное повышение точности статистических характеристик в данном случае связано с увеличением неоправданных затрат.

4.3.1 Определение объема выборки

При проведении контроля выполняется многократное измерение по шкале отношений. Массив экспериментальных данных формируется за счет измерения контролируемого параметра у каждого изделия в выборке. Таким образом, n -кратному измерению соответствует выборка из n изделий. Отсюда определяется объем выборки. Если результат измерения подчиняется нормальному закону распределения вероятностей, то объем выборки, в первом приближении, можно определить, приняв за точность оценки генерального среднего по выборочной средней ширину доверительного интервала, ε , т.е. величину отклонения выборочной средней от генерального среднего, из системы уравнений:

$$\begin{cases} \Pr = 2\Phi(t) \\ \varepsilon = t\sigma n^{-0,5}, \end{cases}$$

где \Pr – доверительная вероятность; $\Phi(t)$ – интегральная функция Лапласа; σ – оценка среднего квадратического отклонения результата контроля; n – объем выборки.

Откуда

$$n = \left(\frac{\sigma t}{\varepsilon} \right)^2.$$

Значение σ принимается из имеющейся априорной информации об объекте контроля. При отсутствии такой

информации необходимо провести небольшое специальное исследование, в результате которого определяется стандартное отклонение, приблизительно характеризующее среднее квадратическое отклонение.

Результат многократного измерения по *шкале отношений* является случайной величиной и подчиняется определенному закону распределения вероятностей. На основании его сравнения с пороговым значением партия изделий принимается или бракуется.

Данное решение принимается в условиях помех. При контроле по формуле (4.2.) влияние помех проявляется в случайном характере значения A , полученного посредством измерения.

Графическая интерпретация реальной ситуации, в которой принимается решение, приведена на рис. 4.2. Плотность распределения вероятностей параметра A , при условии, что контролируемое изделие является годным ($A \leq A_n$) обозначено цифрой «1», а бракованное изделие ($A > A_n$) – цифрой «2». Решение принимается по правилу:

- если $A \leq A_n$, то изделие годное;
- если $A > A_n$, то изделие бракованное.

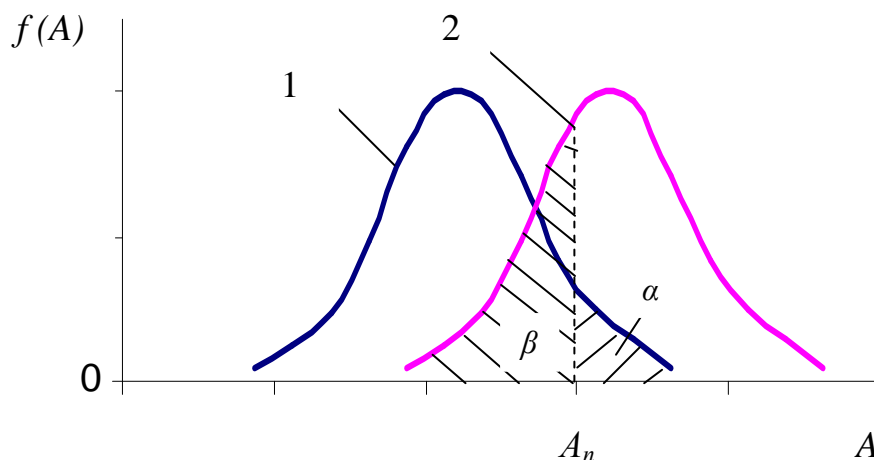


Рис. 4.2 – Графики изменения плотности распределения вероятностей контролируемого параметра

Согласно этому правилу годное изделие может быть забраковано с **условной вероятностью**, см. рис. 4.2.

$$\alpha = \int_{A_n}^{\infty} p_1(A) dA,$$

а бракованное - признано годным с условной вероятностью

$$\beta = \int_{-\infty}^{A_n} p_2(A) dA.$$

В данных выражениях α и β называются соответственно вероятностями ошибок I и II рода. Наряду с ними есть **условные вероятности правильных решений**. Так, условная вероятность правильного решения о том, что изделие является годным:

$$\gamma = \int_{-\infty}^{A_n} p_1(A) dA,$$

а условная вероятность правильного решения о том, что изделие является бракованным

$$\delta = \int_{A_n}^{\infty} p_2(A) dA.$$

Данные вероятности связаны с условными вероятностями ошибок такими соотношениями:

$$\begin{aligned}\alpha + \gamma &= 1; \\ \beta + \delta &= 1.\end{aligned}$$

В другом варианте многократное измерение выполняется по *шкале порядка*, например, измерение с помощью шаблона. Каждое изделие после этого признается годным или бракованным. Поэтому данная операция является контрольно-измерительной.

Результат многократного измерения – число бракованных изделий в выборке – является случайным. Он подчиняется дискретному закону распределения вероятностей, так как число бракованных изделий в выборке может быть только целым числом. На основании сравнении полученного результата контроля с нормой партия изделий принимается или бракуется.

Объем выборки при многократном измерении по шкале порядка зависит от вида выборки – она с возвратом или без возврата.

4.3.2 Выборка с возвратом

Если при поочередном отборе изделий каждое из них после выполнения контрольно-измерительных операций возвращается обратно в партию, то вероятность появления годного или бракованного изделия при очередном отборе остается прежней. Следовательно, имеем серию независимых измерений по шкале порядка.

Обозначив через P вероятность появления бракованного изделия, получим вероятность годного изделия, равную $1-P$. Тогда вероятность появления x бракованных изделий в выборке объемом n ,

$$P_n(x) = C_n^x P^x (1-P)^{n-x} = \frac{n!}{x!(n-x)!} P^x (1-P)^{n-x}, \quad (4.3)$$

где C_n^x - число сочетаний из n элементов по x .

Функция $P_n(x)$, $x = 0, 1, \dots, n$, называется **биномиальным распределением вероятностей**. Следовательно, результат измерения (в нашем случае – отсчет) подчиняется биномиальному закону распределения вероятностей с числовыми характеристиками:

- математическим ожиданием $M(x) = nP$;
- дисперсией $D(x) = nP(1-P)$.

Тогда математическое ожидание доли бракованных изделий в выборке:

$$M\left(\frac{x}{n}\right) = \frac{1}{n} M(x) = P. \quad (4.4)$$

В практике контроля под вероятностью P всегда подразумевают долю бракованных изделий в партии объемом N , т.е. $P = N_6 / N$. Поэтому правило принятия решения при выборочном контроле можно сформулировать следующим образом:

- при $M\left(\frac{x}{n}\right) > P_n$ партия изделий бракуется;
- при $M\left(\frac{x}{n}\right) \leq P_n$ партия изделий принимается,

где P_n – предельно допустимая доля бракованных изделий в партии, т.е. норма сравнения.

Однако определить левые части неравенств (4.5) невозможно. Можно установить лишь долю бракованных изделий в конкретной выборке объемом n . Она будет отличаться от $M(x/n)$ на величину доверительного интервала, определенного с некоторой доверительной вероятностью, соответствующей

$$t = \frac{\varepsilon}{\sigma_{x/n}}. \quad (4.6)$$

Следовательно, с указанной вероятностью, правило принятия решения (4.5) на практике заменяют другим правилом, аналогичным ему:

- при $x/n > P_n$ партия изделий бракуется
- при $x/n \leq P_n$ партия изделий принимается.

Дисперсия доли бракованных изделий в выборке

$$D\left(\frac{x}{n}\right) = \frac{1}{n^2} D(x) = \frac{P(1-P)}{n}.$$

С учетом этого, а также задав значения доверительной вероятности и доверительного интервала, можно определить, в первом приближении, объем выборки

$$n = \frac{P(1-P)t^2}{\varepsilon^2} \quad (4.8)$$

В зависимости (4.8) доля бракованных изделий в партии не может быть известна. Поэтому необходимо использовать априорную информацию: принимают значение доли в аналогичных условиях. Иногда вместо произведения $P(1-P)$ подставляют наибольшее его значение, принимаемое равным 0,25.

Рассчитанный по зависимости (4.8) объем выборки является неслучайным числом. Следовательно, правило (4.7) можно заменить на более простое:

- при $x > H_c$ партия изделий бракуется;
- при $x \leq H_c$ партия изделий принимается,

где $H_c = nP_n$ – приемочное число; x – результат измерений, подчиняющийся биномиальному закону (4.3), т.е. число бракованных изделий в выборке.

Часто возникает необходимость определения вероятности того, что число бракованных изделий в выборке не превышает x . Такая вероятность называется **накопленной**, или **кумулятивной**. Значения кумулятивной вероятности определяются по зависимости

$$F_n(x) = \sum_{l=1}^x P_n(l). \quad (4.9)$$

Здесь l – текущее значение бракованных изделий в выборке. Таким образом, кумулятивная вероятность зависит от x , n и P .

При небольших объемах выборки для расчета вероятности появления в выборке бракованных изделий и кумулятивной вероятности можно использовать соотношение, связывающее два соседних слагаемых в формуле (4.9):

$$\frac{P_n(x+1)}{P_n} = \frac{(n-1)P}{(1+x)(1-P)}. \quad (4.10)$$

Рассмотрим пример. Необходимо вычислить вероятность появления x бракованных изделий в выборке с возвратом при следующих условиях: $n = 20$, $P = 0,05$.

По формуле (4.3) при $x = 0$ определим

$$P_{20}(0) = C_{20}^0 \cdot 1 \cdot (1-0,05)^{20} = 0,3585.$$

Далее по формуле (4.10) определяем

$$P_{20}(1) = P_{20}(0) \cdot \frac{20 \cdot 0,05}{1 \cdot 0,95} = 0,3774.$$

Затем по зависимостям (4.3) и (4.10) рассчитываем значения вероятностей и для других значений количества бракованных изделий в выборке. Данный расчет легко провести с использованием табличного редактора MS Excel. Результаты расчетов приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2- Результаты расчета вероятностей (выборка с возвратом)

Число бракованных изделий, x	Вероятность $P_n(x)$	Кумулятивная вероятность $F_n(x)$
0	0,3585	0,3585
1	0,3774	0,7358
2	0,1887	0,9245
3	0,0596	0,9841
4	0,0133	0,9974
5	0,0022	0,9997
6	0,00030	0,99996
7	0,00003	0,999997
8	0,000003	0,9999998

4.3.3 Выборка без возврата

На практике чаще всего используется выборка без возврата проконтролированных изделий в партию. В этом случае вероятность появления x бракованных изделий в выборке объема n , отобранной из партии N изделий, среди которых N_b бракованных:

$$P_{n,N}(x) = \frac{C_{N\bar{\sigma}}^x \cdot C_{N-N\bar{\sigma}}^{n-x}}{C_N^n}, \quad (4.11)$$

где C – число сочетаний соответствующих элементов.

Данная зависимость представляет собой гипергеометрическое распределение вероятностей. Таким образом, при выборке без возврата результат измерения x подчиняется гипергеометрическому закону распределения вероятностей с числовыми характеристиками:

- математическим ожиданием $M(x) = nP$;

- дисперсией $D(x) = nP(1-P) \frac{N-n}{N-1}$.

Математическое ожидание доли бракованных изделий в выборке определяется аналогично (4.4), а дисперсия – по зависимости:

$$D\left(\frac{x}{n}\right) = \frac{1}{n^2} D(x) = \frac{P(1-P)}{n} \cdot \frac{N-n}{N-1}.$$

Исходя из этих зависимостей объем выборки без возврата определяется из условия:

$$\varepsilon = t \sqrt{\frac{P(1-P)}{n} \cdot \frac{N-n}{N-1}}, \text{ или}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{N} + \frac{\varepsilon^2}{P(1-P)t^2} \cdot \frac{N-1}{N}.$$

При больших значениях N первым слагаемым в правой части полученного выражения можно пренебречь, а $(N-1) \cdot N^{-1} \approx 1$. Поэтому при больших партиях изделий объем выборки можно определять по зависимости (4.8). При этом гипергеометрическое распределение приближается к биномиальному, т.е. разница между выборками с возвратом и без возврата нивелируется.

Аналогично биномиальному распределению расчет гипергеометрического распределения вероятностей $P_{n,N}(x)$ можно производить последовательно, используя простое соотношение, аналогичное зависимости (4.10),

$$\frac{P_{n,N}(x+1)}{P_{n,N}(x)} = \frac{(n-N)(N\bar{\sigma}-x)}{(1+x)(N-N\bar{\sigma}-n+x+1)}. \quad (4.12)$$

Кумулятивная вероятность

$$F_{n,N}(x) = \sum_{l=0}^x P_{n,N}(l) \quad (4.13)$$

является функцией четырех переменных: x , n , N и P .

Рассмотрим пример. Необходимо вычислить вероятность появления x бракованных изделий в выборке без возврата при таких условиях: $n = 20$; $N = 600$; $P = 0,95$.

Сначала определим число бракованных изделий в партии: $N_6 = NP = 30$. При этом число годных изделий будет $N - N_6 = 570$.

Определяем по зависимости (4.11)

$$P_{20,600}(0) = \frac{C_{570}^{20}}{C_{600}^{20}} = 0,3524.$$

Используя соотношения (4.12) и (4.13), рассчитываем значения вероятности появления бракованных изделий и значения кумулятивной вероятности для других значений x . Результаты расчета сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3- Результаты расчета вероятностей (выборка без возврата)

Число бракованных изделий, x	Вероятность $P_{n,N}(x)$	Кумулятивная вероятность $F_{n,N}(x)$
0	0,3524	0,3524
1	0,3838	0,7362
2	0,1915	0,9277
3	0,0582	0,9859
4	0,0121	0,9980
5	0,0018	0,9998
6	0,00020	0,99998
7	0,000018	0,999999
8	0,0000012	0,9999999

Сравнение результатов решения двух примеров, см. таблицы 4.2 и 4.3, наглядно иллюстрирует сходимость гипергеометрического распределения вероятностей к биномиальному.

Вопросы для самоконтроля к главе 4

1. Дайте определение понятия «контроль».
2. В чем заключается сущность контроля?
3. Приведите расчетные зависимости методов контроля размеров и значений.
4. Почему результат контроля всегда является случайным?
5. Приведите классификацию методов и видов контроля.
6. В чем заключаются отличия инструментального и экспертного методов контроля?
7. Охарактеризуйте разрушающие и неразрушающие виды контроля.
8. Охарактеризуйте активный и пассивный контроль.
9. Охарактеризуйте сплошной и выборочный контроль.
10. Какие виды контроля различают в соответствии с характером его распределения во времени?
11. Какие виды контроля различают в зависимости от исполнителя?
12. Какие виды контроля различают в соответствии со стадиями технологического процесса?
13. Приведите схему выборочного контроля.
14. В чем заключаются ошибки первого и второго рода при выборочном контроле?
15. Что понимают под репрезентативной выборкой?
16. Каким образом достигается условие случайного попадания контролируемых изделий в выборку?
17. В чем заключаются отличия выборки с возвратом от выборки без возврата?
18. Каким образом рассчитывается объем выборки при нормальном распределении вероятностей контролируемого параметра?
19. Как рассчитываются условные вероятности ошибок первого и второго рода?
20. Как рассчитываются условные вероятности правильных решений при контроле параметров продукции?
21. Определение вероятности бракованных изделий в выборке с возвратом.
22. Как рассчитываются математическое ожидание и дисперсия доли бракованных изделий в выборке с возвратом?
23. Что понимают под кумулятивной вероятностью?
24. Определение вероятности бракованных изделий в выборке без возврата.
25. Как рассчитываются математическое ожидание и дисперсия доли бракованных изделий в выборке без возврата?