

УДК 004.413.4

А.А. Емельянов, Ю.А. Радионова, А.Л. Савкин

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПОСТАВЩИКОВ ДЛЯ КРУПНОГО ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Емельянов Александр Алексеевич**, кандидат технических наук, окончил Военную академию им. Ф.Э. Дзержинского. Заместитель главного инженера по качеству и инженерно-техническому обеспечению – начальник управления ФНПЦ АО «НПО «Марс». Имеет публикации в области создания систем менеджмента качества и защиты информации. [e-mail: mars@mv.ru].

**Радионова Юлия Александровна**, кандидат технических наук, окончила механико-математический факультет Ульяновского государственного университета, аспирантуру Ульяновского государственного технического университета. Ведущий инженер-программист ФНПЦ АО «НПО «Марс». Имеет публикации в сфере автоматизированных систем документооборота, интеллектуальной организации хранилищ технической документации. [e-mail: julia-owl@mail.ru].

**Савкин Александр Леонидович**, кандидат военных наук, доцент, окончил Ульяновское высшее военное командное училище связи, Военную академию связи им. С.М. Буденного, адъюнктуру при Военной академии связи. Начальник службы обеспечения научно-технической деятельности ФНПЦ АО «НПО «Марс». Имеет научные работы, учебные пособия, статьи в области разработки и моделирования систем управления и связи. [e-mail: mars@mv.ru]

### Аннотация

Рассмотрены основные понятия статистического приемочного контроля – планы, виды, уровни, оперативные характеристики, риски поставщика и потребителя, приемочный и браковочный уровни дефектности, а также взаимосвязь всех параметров на основе теории математической статистики. Рассмотрены применение статистического контроля для приемки партий покупных изделий и комплектующих, одноступенчатые, двухступенчатые и многоступенчатые планы контроля, методы вычисления объема контролируемых выборок, основные проблемы, возникающие при применении указанных методов. Введены понятия динамической характеристики поставщика и уровня доверия к поставщику. Предложен метод формирования динамической характеристики поставщика на основе накопления и анализа статистических данных входного контроля за предыдущие периоды – значений параметров поставщика, формирующих индекс качества поставщика, показателей качества партии изделий в целом и показателей качества отдельных изделий. Рассмотрена зависимость объемов контролируемых выборок от динамической характеристики поставщика.

Ключевые слова: статистический контроль, оценка поставщика, динамическая характеристика.

## THE STATISTICAL APPROACH TO THE ASSESSMENT OF SUPPLIERS FOR THE LARGE INSTRUMENT MAKING ENTERPRISE

**Aleksandr Alekseevich Emelianov**, Candidate of Engineering; graduated from F.E. Dzerzhinsky Military Academy; Deputy Chief Engineer for Quality Assurance and Engineering Support – Head of the Management Department of Federal Research-and-Production Center Joint Stock Company 'Research-and-Production Association 'Mars'; an author of publications in the field of constructing the quality management and information security systems. e-mail: mars@mv.ru.

**Julia Aleksandrovna Radionova**, Candidate of Engineering; graduated from the Faculty of Mathematics and Mechanics of Ulyanovsk State University, finished her postgraduate studies at Ulyanovsk State Technical University; Lead Programming Engineer at FRPC JSC 'RPA 'Mars'; an author of articles in the field of automated workflow systems, intelligent technical documentation storages. e-mail: julia-owl@mail.ru.

**Aleksandr Leonidovich Savkin**, Candidate of Military Sciences, Associate Professor; graduated from Ulyanovsk High Education Military Communications Academy and the Marshal Budjonny Military Academy of Signal Corps; finished his postgraduate studies at the same Academy; Head of the Department of Scientific-and-Technical Activity Providing of Federal Research-and-Production Center Joint Stock Company 'Research-and-Production Association 'Mars'; an author papers, textbooks in the field of development and modeling of communication control systems. e-mail: mars@mv.ru.

## Abstract

The main components of statistical acceptance inspection such as plans, types, levels, operative characteristics, risks of suppliers and customers, acceptance and reject levels of defectiveness, and also dependency between all the parameters on the basis of the mathematical statistics theory are considered. The use of acceptance statistical control of the purchasing products and components parcel, one-, two-, and three-stage control plans, methods for controlled sampling frame volume calculation, the main problems arising in case of applying the specified methods are also considered. The authors define the terms of the supplier dynamic characteristic and supplier confidence level. The authors also propose the method for constructing the supplier dynamic characteristic on the basis of capture and analysis of statistical data of incoming inspection over the previous periods. The data include the supplier parameters values, the forming quality index of the supplier, the degree of merit for the products parcel as whole and individual products. The dependency of the controlled sampling frames on the supplier dynamic characteristics is considered.

Key words: statistical control, supplier assessment, dynamic characteristic.

## ВВЕДЕНИЕ

Конкурентоспособность предприятия в значительной степени зависит от системы взаимодействия с поставщиками комплектующих изделий и материалов (КИИМ). Перебои в поставках и низкое качество поставляемых комплектующих не должны оказывать негативного влияния на способность организации изготавливать продукцию с заданными показателями качества и в заданные сроки. Выбор надежных поставщиков влияет не только на выполнение конкретных договоров, но и на общую репутацию предприятия. Одна из наиболее перспективных и дающих высокие экономические показатели областей исследования – это статистические методы контроля продукции, основанные на применении вероятностно-статистических моделей. Статистический контроль – это выборочный контроль, построенный на научной основе, исходящий из теории вероятностей и математической статистики. Теория статистического контроля является одним из основных разделов статистических методов управления качеством.

Однако применение методов статистического контроля вызывает определенные трудности, связанные с расчетом объема выборок, к тому же достаточно громоздкие расчеты требуют мощных вычислительных средств, а отечественный рынок программного обеспечения по статистическим методам за последние 20 лет стал гораздо более бедным по числу продуктов и научный уровень явно понизился [1].

Еще одной проблемой является разобщенность теоретических исследований и практического применения статистических методов [2].

Таким образом, возникает необходимость разработки особых методов, способных обеспечить выбор важных управленческих решений в рамках сложных организационных, экономических и технических задач.

Предлагаемая работа рассматривает применение статистических методов контроля на конкретном примере – входном контроле покупных изделий и комплектующих с дополнением к существующим методам динамической характеристики поставщика, образуемой с помощью анализа данных предыдущих периодов,

что позволяет значительно снизить материальные и временные потери.

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

## Схема статистического приемочного контроля

Статистический приемочный контроль (СПК) может осуществляться как со стороны поставщика (контроль производства), так и со стороны потребителя (входной контроль).

СПК поставщика направлен на доказательство качества продукции и должен обеспечить нормативное значение риска потребителя.

СПК потребителя направлен на проверку корректности информации поставщика о качестве продукции и должен обеспечивать нормативное значение риска поставщика.

Общая схема СПК [3] представлена на рисунке 1. Различные планы СПК характеризуются различным уровнем жесткости, который может зависеть от значений риска поставщика и потребителя, правил формирования выборок, а также от уровня доверия к поставщику.



Рис. 1. Общая схема СПК

Переключение между различными планами контроля может задаваться изменением требуемого значения жесткости контроля, а также по результатам исследований экономической выгоды проведения различных видов контроля и по результатам контроля предыдущих партий, например, усиление контроля после отклонения нескольких партий подряд [4].

**План СПК**

Основной задачей контроля является определение качества проверяемой партии продукции.

В качестве составляющих плана статистического контроля можно указать:

- вид контроля (выборочный, сплошной, усеченный и др.);
- уровень контроля (нормальный, ослабленный, усиленный);
- объем контролируемой партии;
- объем выборки;
- контрольные нормативы (приемочный и браковочный уровни дефектности);
- контролируемые признаки;
- оперативная характеристика;
- решающие правила.

Если обозначить объем партии изделий как  $N$ , а количество дефектных изделий в ней как  $n$ , то входной уровень дефектности партии определяется как  $q = n/N$ , а годность уровня дефектности  $AQL$  (acceptable quality level) (при  $q \leq AQL$  партия принимается) и браковочного уровня дефектности  $LQ$  (limiting quality) (при  $q > LQ$  партия бракуется).

При осуществлении контроля могут возникать ошибки:

- 1-го рода (риск непринятия качественной партии), определяющие коэффициент риска поставщика,  $\alpha = P(R = 0 \text{ при } q = AQL)$ ,  $R$  – принятое решение;
- 2-го рода (риск принятия дефектной партии), определяющие коэффициент риска потребителя,  $\beta = P(R = 1 \text{ при } q = LQ)$ .

Один из видов классификации планов статистического контроля партии продукции основан на количестве выборок, используемых для принятия решения о качестве партии, и подразделяет планы на одноступенчатые, двухступенчатые, многоступенчатые и непрерывные.

В случае применения плана с однократной выборкой  $X = \{X_1, \dots, X_n\}$  устанавливаются параметры:

- $n$  – объем контролируемой выборки;
- $d$  – приемочное число.

Пусть все единицы подмножества  $\{x_1, \dots, x_m\}$ ,  $x_i \in X$  – содержат дефекты. Тогда решение о годности партии принимается следующим образом:

$$R = \begin{cases} 1, & m < d \\ 0, & m \geq d \end{cases} \quad (1)$$

Двухступенчатые планы контроля характеризуются тем, что решение принимается по результатам контроля двух выборок, причем необходимость второй выборки зависит от результатов контроля первой. В этом случае определяются следующие параметры:

- $n_1, n_2$  – объемы контролируемых выборок;
- $d_1, d_2$  – приемочные числа первой ступени;
- $d_3$  – приемочное число второй ступени.

Тогда при наличии подмножества дефектных изделий

$\{x_1, \dots, x_{m_1}\}$ ,  $x_i \in X$  решение о годности партии принимается следующим образом:

$$R = \begin{cases} 1, & m < d_1 \\ 0,5 & d_1 \leq m < d_2 \\ 0, & m \geq d_2 \end{cases}$$

если  $R = 0,5$ , формируется вторая выборка и запускается вторая ступень, решение о годности принимается как:

$$R = \begin{cases} 1, & m_2 < d_3 \\ 0, & m_2 \geq d_3 \end{cases}$$

Многоступенчатые планы контроля характеризуются принятием решения по результатам нескольких выборок.

Непрерывный (последовательный) контроль осуществляется в случаях непрерывного производства с чередованием сплошного и выборочного контроля. Решение о контролируемой партии принимается после оценки качества ряда выборок, общее число которых заранее не установлено и определяется в процессе контроля по результатам предыдущих выборок.

В ряде случаев удобно использовать усеченные планы контроля, в которых при обнаружении количества изделий, превышающего приемочное число, контроль прекращается и партия признается дефектной.

Также применяются планы контроля, основанные на значении предела среднего выходного уровня дефектности (при контроле с разбраковкой). Планы контроля по альтернативному признаку [5], контрольные карты, диаграммы Парето и Исикавы, метод расслоения [6] используются в основном при непосредственном контроле производства и в данной работе рассматриваться не будут.

Необходимость однородности выборки единиц продукции [7] диктуется правилом сравнения однородных признаков с эталонными значениями. Выборка должна обеспечивать репрезентативность, то есть достаточно полно представлять партию.

ГОСТ 18321 [7] определяет четыре стандарта выборок:

- отбор с применением случайных чисел (наиболее обоснованным считается использование датчиков псевдослучайных чисел [1]);
- многоступенчатый отбор;
- отбор «вслепую»;
- систематический отбор.

Как было показано, объем выборки можно рассчитать, исходя из заданных параметров уровней качества, но при

ненулевом значении приемочного числа, а также для двух- и многоступенчатых выборок расчеты получаются достаточно громоздкими. Кроме того, объем выборки для одноступенчатого контроля должен быть наибольшим [4].

Для оптимального применения методов математической статистики необходимо, чтобы объем выборки составлял не более 10% объема всей партии, но не менее 10 единиц [8].

Также может быть использовано определение объема выборки и значений приемочного и браковочного числа по таблицам ГОСТ 2859-1 [4], исходя из известных значений контрольных характеристик.

**Оперативная характеристика**

Все контрольные характеристики плана статистического контроля связывает оперативная характеристика – функция, выражающая зависимость вероятности приема партии от величины, характеризующей уровень качества продукции. Введем следующие обозначения:

- $N$  – общее количество изделий в партии;
- $D$  – количество дефектных изделий в партии;
- $n$  – количество изделий в выборке;
- $d$  – количество дефектных изделий в выборке;

$m$  – приемочное число (максимально допустимое количество дефектных изделий в выборке – для случая одноступенчатой выборки).

Тогда уровень дефектности партии можно определить как  $Q = D/N$ , а уровень дефектности выборки – как  $q = d/n$ , а оперативную характеристику – как  $P = P(q)$ . Риск поставщика определяется как вероятность неприятия качественной партии  $\alpha = 1 - P(q_0)$ , риск потребителя – как вероятность принятия дефектной партии  $\beta = P(q_d)$ , где значения уровня качества  $q_0$  – приемочный и  $q_d$  – дефектный.

$$P = \left. \begin{cases} 1, \text{ при } q = 0 \\ 0, \text{ при } q = 1 \\ \text{монотонно убывающая при } 0 < q < 1 \end{cases} \right\}$$

Взаимосвязь всех параметров оперативной характеристики определяется в общем случае гипергеометрическим законом распределения, для которого в практических задачах рассчитываются статистические таблицы. Однако для теоретических исследований более удобно распределение биномиальное, которое приближает в достаточной степени гипергеометрическое при достаточно больших объемах партии и  $N > 10n$  [9]. Используя биномиальное распределение, можно, например, определить необходимый объем выборки при заданных значениях приемочного и дефектного уровней, а также приемочного числа. Общая зависимость вероятности приема партии определяется как

$$P(q) = \sum_{i=0}^m C_n^i q^i (1-q)^{n-i}$$

Предположив, что в выборке не должно быть ни одного дефектного изделия, то есть  $m = 0$ , получаем

$$P(q) = (1-q)^n$$

Риск поставщика, или вероятность неприятия ка-

чественной партии, определится в этом случае как  $\alpha = 1 - (1 - q_0)^n$ , а риск потребителя – как  $\beta = (1 - q_d)^n$ . В итоге получаем:

$$1 - \alpha = (1 - q_0)^n,$$

$$\ln(1 - \alpha) = n \cdot \ln(1 - q_0),$$

$$n = \frac{\ln(1 - \alpha)}{\ln(1 - q_0)},$$

$$\ln \beta = n \cdot \ln(1 - q_d),$$

$$n = \frac{\ln \beta}{\ln(1 - q_d)}.$$

Взяв общепринятое значение риска потребителя  $\beta = 0,1$  и задав браковочный уровень дефектности  $q_d = 0,025$  (то есть не более 1 дефектного изделия в выборке из 40 штук), получим объем выборки:

$$n = \frac{-2,30}{\ln(1 - q_d)}, \text{ а так как при малых } x$$

$\ln(1 + x) = x + O(x^2) \approx x$ , то  $n = 2,30/q_d = 92$ .

Из расчетов видно, что при необходимости проведения достаточно жесткого контроля объем выборки значительно вырастает, что может сильно увеличивать затраты на проведение контроля, в том числе время проведения контроля, более того, объем выборки может достигать объема всей партии продукции.

Оперативная характеристика при значении приемочного числа, равного 0, является минимумом вероятности приема дефектной партии, то есть является огибающей снизу множество оперативных характеристик [1].

В качестве параметров можно также использовать среднюю стоимость проведения контроля и стоимость изделия в партии, чтобы на принятие решения и определение объема выборки оказывала влияние экономическая целесообразность проведения контроля. Также возникает задача определения некоторых параметров поставщика или партии изделий, анализ которых позволит снизить степень жесткости контроля и объем выборки.

**МЕТОД ОЦЕНКИ ПОСТАВЩИКА**

**Основные принципы формирования набора параметров**

В предлагаемой работе рассматривается метод одноступенчатого контроля с созданием выборки с использованием генератора случайных чисел. Накопление статистических данных позволяет корректировать набор контролируемых признаков, например, если признак достаточно долгое время не принимал дефектного значения, его можно исключить из контроля. Также по данным контроля меняется значение уровня доверия к поставщику, что позволяет ослабить контроль, создавая выборки меньших объемов, и уменьшить время и затраты на процесс контроля.

В качестве основных параметров общей оценки постав-

щика можно указать параметры для расчета индекса качества [10] и уровень доверия, который рассчитывается, исходя из статистических данных контроля и использования предыдущих партий данного поставщика. Введем формализованное описание параметров поставщика  $\{S_i, 1 \leq i \leq N_s\}$ . Значение каждого из параметров будем считать равным 1 или 0 (значение показателя, который описывается данным параметром, является допустимым или нет) и имеющим некоторый вес  $\{W_i^S, 1 \leq i \leq N_s\}$ . Параметр, отвечающий за уровень доверия, может быть обозначен как «1», а его значение корректироваться весом параметра.

Обозначим набор параметров для оценки партии изделий как  $\{Pr_i, 1 \leq i \leq N_{pr}\}$ , каждому параметру присвоим некоторый вес, характеризующий его важность  $\{W_i^{Pr}, 1 \leq i \leq N_{pr}\}$ .

Для оценки конкретного изделия перечень параметров обозначим как  $\{QI_i, 1 \leq i \leq N_{QI}\}$  с весами, соответственно,  $\{W_i^{QI}, 1 \leq i \leq N_{QI}\}$ . Также можно ввести параметр, который оценивает изделие во взаимосвязи с конкретным поставщиком, «типичность» изделия для поставщика – если поставщик выпускает данное изделие давно и в больших количествах, то существует большая вероятность того, что качество партии достаточно высоко.

Решение о виде и жесткости контроля партии будет определяться как функция, зависящая от стабильности каждого параметра (вероятности возникновения отклонений) и его важности (веса) [11].

Для минимизации затрат по времени проведения контроля возможно уменьшение количества контролируемых параметров либо приведением нескольких параметров к одному с помощью математических преобразований, либо выбором наиболее существенных параметров. Для нахождения оптимального набора параметров возможно использование интеллектуальных методов, например, генетического алгоритма [12].

**Динамическая характеристика поставщика**

Используя формулу для расчета объема контролируемой выборки  $n = \frac{\ln \beta}{\ln(1 - q_n)}$ ,  $\beta \in (0, 1]$ ,  $q_n \in (0, 1)$ ,

принимая в качестве начальных параметров уровень риска потребителя и браковочный уровень дефектности партии. В качестве результата получаем объем выборки, необходимый для проведения контроля. Основная задача состоит в том, чтобы минимизировать объем выборки без увеличения вероятности приемки дефектной партии. Зависимость значения объема выборки от входных параметров наглядно представлена на рисунках 2 и 3. Таким образом, для уменьшения объема выборки необходимо увеличивать значения  $\beta$  и  $q_n$ , то есть потребитель сознательно увеличивает показатель своего риска, будучи уверенным в качестве изделий данного поставщика и получая выигрыш по времени и расходам на входной контроль изделий.

Определим динамическую характеристику поставщика как некоторую зависимость уровня доверия и уровня жесткости контроля от параметров, контролируемых в

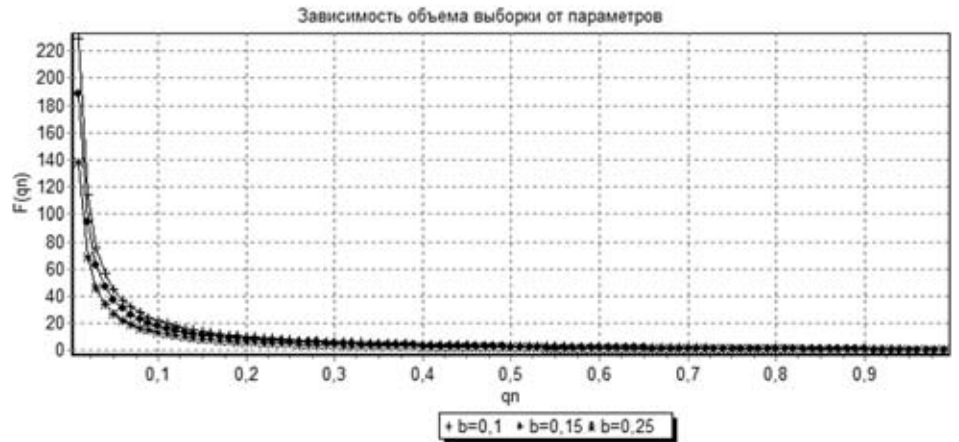


Рис 2. Зависимость значения объема выборки от значения браковочного уровня дефектности при фиксированном значении  $\beta$

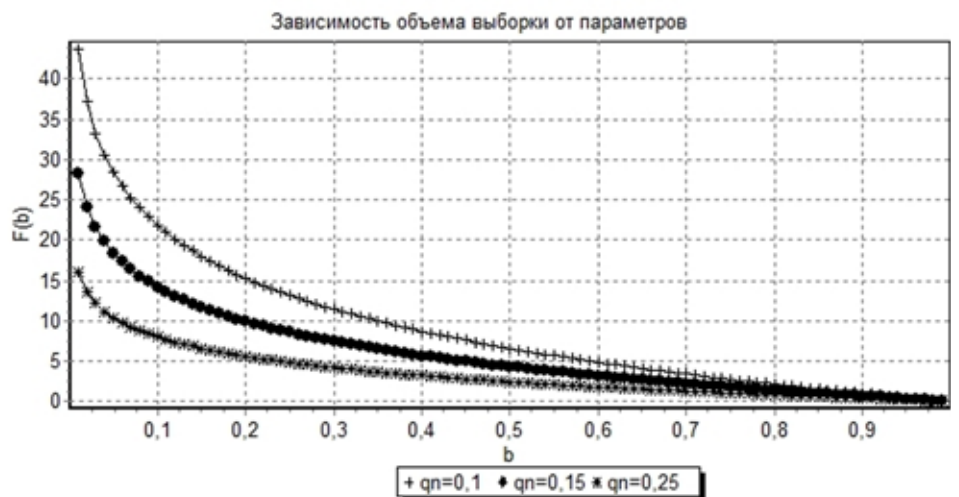


Рис 3. Зависимость значения объема выборки от значения риска потребителя при фиксированном значении  $q_n$

процессе входного контроля изделий поставщика. Динамическая характеристика должна быть в схеме статистического контроля «черным ящиком», на вход которого подаются параметры поставщика и изделий, а также результаты контроля предыдущих периодов, а на выходе получается расчет изменения параметров текущего контроля.

Как один из вариантов динамической характеристики предлагается рассмотреть коэффициент изменения риска потребителя  $\varphi$ , то есть  $\beta_{\text{новое}} = \varphi \cdot \beta$ . Коэффициент определяется, исходя из параметров, описанных в предыдущем пункте, и включает в себя несколько множителей:

$$\varphi = (1 + \Psi_S) \cdot (1 + \Psi_{Pr}) \cdot F(\Psi_{QI}),$$

$$\Psi_S = \sum_{i=1}^{N_S} S_i \cdot W_i^S - \text{индекс доверия поставщика,}$$

где  $\sum_{i=1}^{N_S} W_i^S = 1$ ,

$$S_i \in \{0, 1\}, \text{ то есть } 0 \leq \Psi_S \leq 1.$$

Получаем прямую зависимость значения риска потребителя от наличия «хороших» параметров поставщика – чем их больше, тем больше может рисковать потребитель.

Аналогично можно определить индекс доверия для партии изделий:

$$\Psi_{Pr} = \sum_{i=1}^{N_S} Pr_i \cdot W_i^{Pr},$$

$$\sum_{i=1}^{N_S} W_i^{Pr} = 1, Pr_i \in \{0, 1\}.$$

Коэффициент, связанный с предполагаемым уровнем качества изделий, определим как некоторую функцию

$F(\Psi_{QI})$ , где  $\Psi_{QI} = \sum_{i=1}^{N_{QI}} P(QI_i) \cdot W_i^{QI}$ ,  $P(QI)_i$  – вероятность наличия  $i$ -го дефекта в изделии, которую можно определить как частоту возникновения дефекта по имеющимся статистическим данным<sup>1</sup>,  $W_i^{QI}$  – значимость (вес) дефекта,  $\sum_{i=1}^{N_{QI}} W_i^{QI} = 1$ .

Основные характеристики  $F(\Psi_{QI})$  можно определить следующим образом:

$$F(0) = k - \text{некоторый коэффициент увеличения значения риска потребителя при отсутствии дефектов;}$$

$$F(1) \rightarrow 0, \text{ но } F(1) \neq 0, \text{ так как } \beta \neq 0;$$

$$F(\Psi_1) \leq F(\Psi_2)$$

при  $\Psi_1 \geq \Psi_2, \Psi \in [0; 1], F(\Psi) \in (0; k]$ .

Достаточно подходящей будет функция  $F(\Psi) = k \cdot (1, 00001 - \Psi)$ .

Если для конкретного изделия определен набор контролируемых параметров и интервалы их допустимых значений, то по имеющимся статистическим данным можно снимать с контроля некоторые параметры, для которых в предыдущих выборках (партиях) не было дефектных значений. Таким образом, получаем упрощение расчета

$$\Psi_{QI} = \sum_{i=1}^{M_{QI}} P(QI_i) \cdot W_i^{QI}, M_{QI} < N_{QI}, \text{ при условии перерасчета весов отдельных дефектов, так чтобы } \sum_{i=1}^{M_{QI}} W_i^{QI} = 1.$$

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

Эксперименты для изучения влияния динамической характеристики поставщика на объем контролируемой выборки проведем на имитационной модели данных

Таблица 1

Перечень параметров партии изделий

Наименование параметра	Вес параметра
Наличие сопроводительной документации	0,1
Комплектность поставки	0,2
Наличие достаточного гарантийного срока	0,3
Наличие запаса на замену дефектных изделий	0,4

Таблица 2

Перечень параметров (дефектов) изделия

Наименование параметра	Вес параметра
Наличие конструктивных несоответствий (конструкция не соответствует конструкторской документации, внешний вид не соответствует каталогу, изготовление проводилось по несоответствующим техническим условиям)	0,3
Несоответствия в оформлении документации (отсутствие сертификационных испытаний, отсутствие отметки о приемке изделия, отсутствие документов по спецпроверкам, несоответствие маркировки)	0,05
Мелкие поверхностные дефекты (царапины, наплывы краски и лака)	0,15
Крупные поверхностные дефекты (трещины, нарушения геометрии и целостности корпуса, отсутствие крепежа корпуса)	0,5

<sup>1</sup> Выборка имеющихся значений может быть как по изделию в целом, так и для изделия, поставляемого данным поставщиком.

для рассмотрения наиболее полной картины изменения коэффициентов. Исходя из результатов работы [10], сформируем следующие группы поставщиков:

- 1) «идеальные» – с индексом качества  $Ind > 98$ ;
- 2) «хорошие» – с индексом качества  $90 < Ind \leq 98$ ;
- 3) «допустимые» – с индексом качества  $85 < Ind \leq 90$ ;
- 4) «плохие» – с индексом качества  $Ind \leq 85$ .

Для представителя каждой группы сгенерируем «поставку» партий изделий с различными значениями параметров, приведенных в таблице 1.

Перечень основных контролируемых параметров изделия, на основании которых будет проводиться расчет, приведен в таблице 2.

Взяв исходные значения  $\beta = 0,1$  и  $q_n = 0,02$ , получаем начальный объем выборки  $n_1 = 115$ . В результате моделирования и проведенных расчетов получаем наборы коэффициентов и новые значения риска потребителя и объема выборки. Графическое представление выборок из результирующей таблицы представлено на рисунках 4–5.

Представленные графики наглядно показывают экспериментальное подтверждение теоретических расчетов и предположений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный метод позволяет получить количественную характеристику, на основании которой может быть принято решение об оценке качества и надежности поставщика и в дальнейшем о выборе того или иного поставщика. Основанный на статистических расчетах, он дополнен анализом постоянно поступающих данных и возможностью прогноза уровня качества партии изделий. Введенное понятие динамической характеристики позволяет повысить значение уровня риска потребителя и значительно сократить количество изделий, подлежащих выборочному контролю, без увеличения реального риска принять некачественную партию изделий, что, в свою очередь, позволяет сократить затраты и уменьшить время на проведение входного контроля.

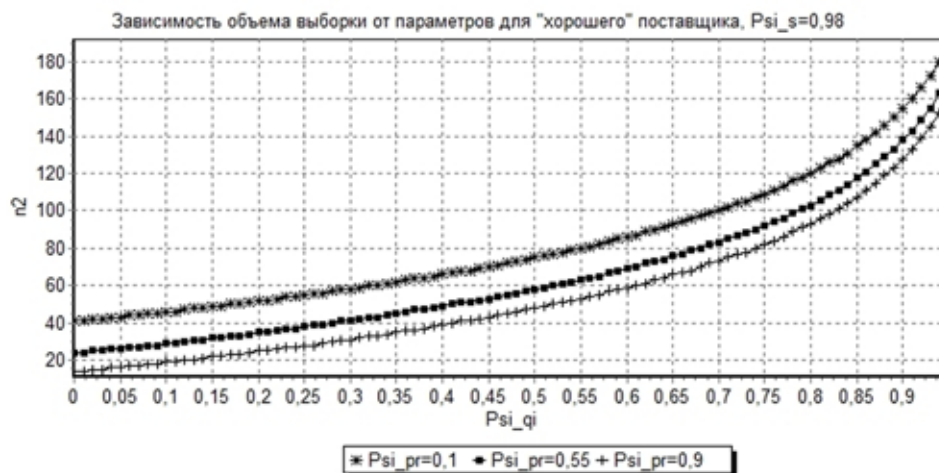


Рис 4. Зависимость значения объема выборки от качества изделий и показателей качества партии изделий для «хорошего» поставщика,  $\Psi_{pr} = 0,98$

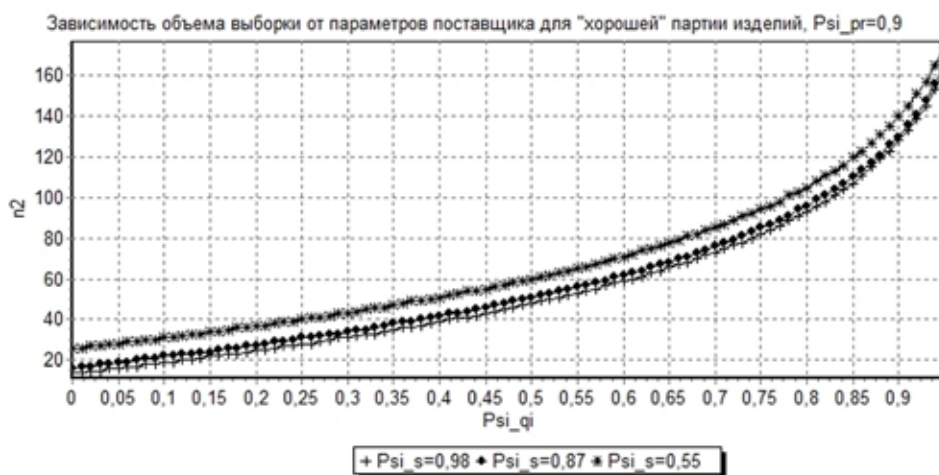


Рис 5. Зависимость значения объема выборки от качества изделий и индекса качества поставщика для партии изделий с высоким значением показателя качества  $\Psi_{pr} = 0,9$

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов А.И. Основные проблемы контроллинга качества // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 111 (07). – С. 33.
2. Орлов А.И. Проблемы внедрения математических и инструментальных методов контроллинга // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 107 (03). – С. 32.
3. ГОСТ Р 50779.30-95. Статистические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1995.
4. ГОСТ Р ИСО 2859-01-2007. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества. – М.: Стандартинформ, 2008.
5. ГОСТ Р 50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. – М.: Стандартинформ, 2008.

6. Розанова С.К., Стефанова Т.Г., Туманов К.М. Средства и методы управления качеством : учеб. пособие. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2015. – 46 с.

7. ГОСТ 18321-73. Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции. – М. : Стандартинформ, 2008.

8. ГОСТ Р 50779.21-2004. Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2004.

9. Орлов А.И. Эконометрика. Учебник. – М. : Издательство «Экзамен», 2002.

10. Емельянов А.А., Радионова Ю.А. Модель оценки эффективности решения задачи минимизации рисков контекста организации // Автоматизация процессов управления. – 2016. – № 2 (44). – С. 63–69.

11. ГОСТ 24297-2013. Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля. – М. : Стандартинформ, 2014.

12. Кабаков З.К., Храмышин Д.В. Использование генетического алгоритма для определения ключевых параметров в задаче статистического контроля многопараметрического технологического процесса // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2016. – № 4. – С. 19–23.

#### REFERENCES

1. Orlov A.I. Osnovnye problemy kontrollinga kachestva [Main Problems of Controlling of the Quality]. *Nauchnyi zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU], 2015, no. 111 (07), p. 33.

2. Orlov A.I. Problemy vnedreniia matematicheskikh i instrumentalnykh metodov kontrollinga [The Problems of Implementation of Mathematical and Tool Methods of Controlling]. *Nauchnyi zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU], 2015, no. 107 (03), p. 32.

3. *GOST R 50779.30-95. Statisticheskie metody. Priemochnyi kontrol kachestva. Obshchie trebovaniia* [Statistical Methods. Acceptance Sampling. General Requirements]. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1995.

4. *GOST R ISO 2859-01-2007. Statisticheskie metody. Protsedury vyborochnogo kontroliia po alternativnomu priznaku. Chast 1. Plany vyborochnogo kontroliia*

*posledovatelnykh partii na osnove priemlegogo urovnia kachestva* [Statistical Methods. Sampling Procedures for Inspection by Attributes. Part. 1. Sampling Schemes Indexed by Acceptance Quality Limit (AQL) for Lot-By-Lot Inspection (IDI)]. Moscow, Standartinform Publ., 2008.

5. *GOST R 50779.42-99. Statisticheskie metody. Kontrolnye karty Shukharta* [Statistical Methods. Shewart Control Charts], Moscow, Standartinform Publ., 2008.

6. Rozanova S.K., Stefanova T.G., Tumanov K.M. *Sredstva i metody upravleniia kachestvom. Ucheb. posobie* [Quality Management Facilities and Methods, Textbook]. St. Petersburg, Izdatelstvo SPbGEU Publ., 2015. 46 p.

7. *GOST 18321-73. Statisticheskii kontrol kachestva. Metody sluchainogo otbora vyborok shtuchnoi produktsii* [Statistical Quality Control. Item Random Sampling Methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2008.

8. *GOST R 50779.21-2004. Statisticheskie metody. Pravila opredeleniia i metody rascheta statisticheskikh kharakteristik po vyborochnym dannym* [Statistical Methods. Determination Rules and Methods for Calculation of Statistical Characteristics based on Sample Data. Part 1. Normal Distribution]. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 2004.

9. Orlov A.I. *Ekonometrika. Uchebnik* [Econometrics. Textbook]. Moscow, Izdatelstvo Ekzamen Publ., 2002.

10. Emelianov A.A., Radionova Iu.A. Model otsenki effektivnosti resheniia zadachi minimizatsii riskov konteksta organizatsii [The Model for Estimating the Efficiency of Solving the Task of Risk Minimization in the Context of an Organization]. *Avtomatizatsiia protsessov upravleniia* [Automation of Control Processes], 2016, no. 2 (44), pp. 63–69.

11. *GOST 24297-2013. Verifikatsiia zakuplennoi produktsii. Organizatsiia provedeniia i metody kontroliia* [Verification of Purchased Products. Organization and Methods of Control]. Moscow, Standartinform Publ., 2014.

12. Kabakov Z.K., Khrameshin D.V. Ispolzovanie geneticheskogo algoritma dlia opredeleniia kluchevykh parametrov v zadache statisticheskogo kontroliia mnogoparametricheskogo tekhnologicheskogo protsessa [A Usage of Generic Algorithm for Selection of Crucial Parameters for Statistical Process Control of Technology]. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta* [Cherepovets State University Bulletin], 2016, no. 4, pp. 19–23.