

- <ftp://public.dhe.ibm.com/software/websphere/ilog/SolveYourToughestPlanningandSchedulingProblems.pdf>
4. Rizk N. Synchronized production–distribution planning in a single-plant multi-destination network [Электронный ресурс] / N Rizk, A Martel, S D'Amours // Journal of the Operational Research Society. – 2008. – Режим доступа : <http://www.palgrave-journals.com/jors/journal/v59/n1/full/2602316a.html#bib13>.
  5. Кузнецов В. А. Задачи раскроя в целлюлозно-бумажной промышленности / В. А. Кузнецов. – СПб.: Изд-во СПбЛТА. – 2000. – 132 с.
  6. Воронин А. В. Математические модели и методы планирования и управления предприятием ЦБП / А. В. Воронин, В. А. Кузнецов. –Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. – 2000. – 256 с.
  7. CHANG Wei-Shung. A Multi-Criteria Decision Making for the Unrelated Parallel Machines Scheduling Problem / Wei-Shung CHANG, Chih-Cheng CHYU // J. Software Engineering & Applications. – 2009. – 2. – pp. 323 -329.
  8. *Scheduling Solutions for the Paper Industry* / Pinar Keskinocak, Frederick Wu, Richard Goodwin [и др.] // Operations Research. – 2002. – Vol. 50. – No. 2 (Mar. - Apr., 2002). – pp. 249-259.
  9. *Mathematical Modeling and Performance Optimization for the Paper Making System of a Paper Plant* / Rajiv Khanduja, P.C. Tewari, R.S.Chauhan [и др.] // JJMIE. – 2010. - Volume 4. - Number 4. – pp. 487 – 494.

УДК 51-74

## АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Брановицкая С.В., Бондаренко С.Г., Сангинова О.В., Бондаренко Н.С.

## АНАЛІЗ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ СТАТИСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ КОНТРОЛІ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Брановицька С.В., Бондаренко С.Г., Сангінова О.В., Бондаренко Н.С.

## ANALYSIS AND INTERPRETATION OF STATISTICS IN THE QUALITY CONTROL OF PRODUCTS

Branovitskaia S., Bondarenko S., Sanginova O., Bondarenko N.

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев, Украина,  
[s\\_g\\_bond@mail.ru](mailto:s_g_bond@mail.ru)

*Определен объем необходимой выборки для оценки качественных показателей партии продукции для предприятия по производству клея. Показано, что рассчитанное значения объема выборки позволяет достоверно определять показатели генеральной совокупности. На основании проведенного статистического анализа дана оценка качеству работы оборудования.*

**Ключевые слова:** выборка, генеральная совокупность, гипотеза, клей

*Визначено об'єм вибірки, необхідної для оцінки якісних показників партії продукції для підприємства по виробництву клею. Показано, що розраховане значення об'єму вибірки дозволяє достовірно визначати показники генеральної сукупності. На підставі проведеного статистичного аналізу дана оцінка якості роботи устаткування.*

**Ключові слова:** вибірка, генеральна сукупність, гіпотеза, клей

*The volume of sample required for the evaluation of quality indicators of production-run for enterprises which produce the PVA adhesive is defined. It is shown that the calculated sample volume can reliably determine the parameters of the entire assembly. The quality assessment of the equipment, based on the statistical analysis, have been given.*

**Keywords:** the sample, the entire assembly, hypothesis, PVA adhesive

### **Введение**

Современные средства измерительной техники позволяют собирать огромное количество информации о том или ином процессе или объекте. С одной стороны, чем больше объем выборки, тем больше информации можно получить об объекте. С другой стороны, при этом усложняется восприятие, обработка и анализ данных. В то же время большое количество параметров не всегда нужно для оценки качества продукции.

Важной задачей сбора информации является выявление фактов, указывающих на причины неудовлетворительного качества продукции. Применение статистического анализа значительно упрощает процесс анализа и интерпретации данных. В данной работе рассмотрены задачи, которые наиболее часто приходится решать специалисту по качеству на этапе сбора и обработки первичной информации: каким должен быть объем выборки? Как рассчитать доверительный интервал? Какой процент бракованной продукции изготавливает данный цех, линия, аппарат? Обеспечивает ли данный вид оборудования требуемое качество? В каком направлении искать причину низкого качества продукции?

### **Постановка задачи**

В работе рассмотрены задачи, возникающие на этапе сбора и обработки статистической информации применительно к производству вододисперсного клея, изготавливаемого в соответствии с ГОСТ 18992-80.

### **Обсуждение результатов**

Решение сформулированных выше задач рассмотрено на примере предприятия, выпускающего лакокрасочные изделия, клеи, средства биозащиты и другие жидкие многокомпонентные смеси. Предметом анализа является производство вододисперсного клея (ПВА).

Исследуемый клей представляет собой полимерную композицию. Выбор клея для соединения материалов в изделии определяется многими условиями. Одним из важнейших факторов, определяющих выбор клея, является величина напряжения, которую должно выдерживать соединение при эксплуатации. Другим, не менее важным фактором, является интервал температур, при которых эксплуатируется клеевое соединение. Следует также учитывать, что прочность склеивания зависит не только от применяемого клея, но и от свойств соединения, технологии склеивания, состояния склеиваемых поверхностей. При склеивании необходимо строго придерживаться инструкций по подготовке поверхностей и нанесению клея.

Гарантийний термін експлуатації і умови зберігання клею і його компонентів суттєво впливають на якість склеювання.

При виборі клею також звертають увагу на такі специфічні особливості, як токсичність, горючість і деякі інші.

По зовнішньому вигляду клей представляє собою густу рідину білого або слабо жовтого кольору (жовтизна викликана в основному пластифікатором), без грудок і сторонніх механічних включень. Клей застосовується при склеюванні дерева, паперу, картону в обувній, шкіряній, текстильній, поліграфічній промисловості і в побуті, а також як домішка в будівельних розчинах в будівництві, на виробництвах водо-дисперсних фарб, сигарет, упаковок, побутової хімії.

Проведений аналіз дозволив виділити наступні основні властивості продукту: морозостійкість, склеювальна здатність; розчинність у воді, у оцетній кислоті і ряду органічних розчинників: ацетоні, метанолі, етилацетаті, бензолі; практично незаметен після висихання, що зручно при склеюванні паперових моделей і виробів; усадка при висиханні (усадка невелика, але не стає надмірно тонкою, що дозволяє заповнювати проміжки до декількох міліметрів).

Контроль якості клею виконується на основі статистичних даних, отриманих за результатами досліджень певної вибірки. Тому важливою задачею при зборі інформації є знаходження мінімального об'єму вибірки, при якій з заданою надійністю  $\gamma$  забезпечується потрібна точність оцінки  $\delta$  математичного очікування  $a$  генеральної сукупності по вибірковому середньому  $\bar{x}_B$  при відомому середньоквадратичному відхиленні  $\sigma$ .

Необхідною умовою аналізу даних в цьому випадку є нормальне розподілення генеральної сукупності. Таким чином, виникає задача перевірки гіпотези про нормальне розподілення сукупності.

У цій роботі розраховувалося необхідна кількість тюбиків клею по 50 г кожен, яку слід взяти для аналізу партії об'ємом 10000 тюбиків. При цьому прийняті наступні значення параметрів: надійність  $\gamma=0,975$ ; середньоквадратичне відхилення  $\sigma=0,3$  і точність оцінки  $\delta=0,3$ . Гіпотеза про нормальне розподілення перевірялася з використанням критерію  $\chi^2$  Пірсона. Розрахунки показали, що немає підстав відкидати цю гіпотезу. Об'єм вибірки  $n$  розрахований за формулою (1).

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\delta^2} = 81, \quad (1)$$

де  $t$  – це значення аргумента функції Лапласа  $\Phi(t)$ , при якому  $\Phi(t) = \frac{\gamma}{2}$ .

Таким чином визначено, що для аналізу якості продукції з партії 10000 шт. необхідно взяти 81 тюбик клею.

Вибірковий розрахований об'єм використовувався для розрахунку якісних показників всієї сукупності. Для оцінки достовірності розрахованих параметрів необхідно встановити, чи значимо або незначимо відрізняються вибіркові і генеральні середні. Важливим параметром, що впливає на якісні показники клею (наприклад, склеювання), є вміст води в складі клею. В

соответствии с технологическим регламентом предприятия, для которого выполнялся анализ, содержание воды в клее не должно превышать 10%. Для проверки нулевой гипотезы  $H_0 : a = 10\%$  о равенстве генеральной средней  $a$  гипотетическому нормативному значению  $a_0$  при конкурирующей гипотезе  $H_1 : a \neq 10\%$  для выборки объемом 81 тюбик, рассчитано среднее выборочное значение процентного содержания воды в клее  $\bar{x}_B = 9,97\%$ . Дисперсия генеральной совокупности  $\sigma^2$  известна и равна 0,09;  $a_0 = 10\%$ .

В качестве критерия проверки нулевой гипотезы принята случайная величина, которая распределена нормально:

$$U = \frac{(\bar{X} - a_0)\sqrt{n}}{\sigma}, \quad (2)$$

где  $\bar{X}$  – случайная величина.

Вычислим для выборки  $n = 81$  расчетное значение критерия  $U_p$ :

$$U_p = \frac{(\bar{x}_B - a_0)\sqrt{n}}{\sigma} = \frac{(9,97 - 10)\sqrt{81}}{0,3} = 1,08.$$

Затем по таблице функции Лапласа найдено значение критической точки  $u_{KP} = 1,96$  двусторонней критической области из равенства  $\Phi(u_{KP}) = \frac{1 - \alpha}{2}$  ( $\alpha = 0,05$ ).

Поскольку  $|U_p| < u_{KP}$ , то нет оснований отвергать нулевую гипотезу, т.е. выборочная и генеральная средние различаются незначимо. Таким образом, рассчитанный объем выборки позволяет с достаточной степенью точности оценить качественные показатели генеральной совокупности.

На следующем этапе исследований при проверке массы продукта в тюбике выяснилось, что в некоторых образцах отобранной партии вес содержимого отклоняется от регламентного – 50 г. Данный показатель является весьма важным в функционировании предприятия. Отпуск избыточной массы продукта уменьшает прибыль предприятия, а его недолив ущемляет права потребителя. Потребовалось определить причину такого несоответствия. Проведенный анализ показал, что причиной может быть неудовлетворительное качество работы разливочного дозатора.

Поэтому была осуществлена статистическая проверка следующих статистических гипотез  $H_0 : a = 50$  и  $H_1 : a \neq 50$  (сравнение выборочной средней с гипотетической генеральной средней). Уровень значимости выбран  $\alpha = 0,05$ . Для решения этой задачи рассчитаны следующие величины:

$$\text{средняя масса клея в тюбике } \bar{x}_B = \frac{\sum m_i x_i}{n} = 50,07 \text{ г};$$

исправленная дисперсия и исправленное среднеквадратическое отклонение:

$$S_x^2 = \frac{\sum m_i x_i^2 - \frac{(\sum m_i x_i)^2}{n}}{n - 1} = 0,221 \text{ и } S_x = \sqrt{0,221} = 0,15.$$

Поскольку генеральная дисперсия по массе тюбика является неизвестной величиной, то для проверки гипотезы использован критерий Стьюдента. Расчетное значение критерия Стьюдента вычислено по формуле:

$$T_p = \frac{(\bar{x}_B - a_0)\sqrt{n}}{S} = 2,15.$$

Табличное значение критерия Стьюдента найдено по таблице критических точек распределения Стьюдента, по заданному уровню значимости  $\alpha = 0,05$  и числу степеней свободы ( $k = n - 1 = 80$ ). Оно равняется  $t_{\text{двустор.кр.}}(0,05;80) = 2,09$ . Поскольку  $|T_p| > t_{\text{двустор.кр.}}$ , то гипотезу  $H_0$  отвергаем. Таким образом, разливочный дозатор не обеспечивает проектной массы изделий и требует дополнительной диагностики и настройки.

### Выводы

Проанализированы задачи, возникающие в процессе контроля качества продукции.

Рассмотрены факторы, влияющие на качественные и количественные показатели клея ПВА, изготавливаемого в соответствии с ГОСТ 189992-80.

Объем выборки, необходимой для оценки качественных показателей генеральной совокупности и показано, что рассчитанное значения объема выборки позволяет достоверно оценивать выбранные показатели.

На основании выполненных статистических расчетов сделан вывод о причинах сбоев в работе оборудования.

### Литература

1. Брановицька С.В., Медведєв Р.Б., Фіалков Ю.Я. Обчислювальна математика та програмування. Обчислювальна математика в хімії і хімічній технології: Підручник. – К.: ІВЦ”Видавництво Політехніка”, ТОВ “Фірма «Періодіка»” – 2004. – 220 с.
2. Дяченко, К.В. Особливості розгортання функції якості на багатоасортиментних виробництвах будівельної галузі [Текст]: Восточно-европейский журнал передовых технологий. - №4/3 (52). – 2011. – с. 67-72.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика. – М.: ВШ, 1999. – 215 с.
4. Кваліметрія и управління якістю. Інструменти управління якістю [Текст]: учебное пособие / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, Б.И. Герасимов, А.В. Трофимов. - Тамбов: изд-во Тамб. гос. техн. Ун-та., 2005. – 80 с.
5. Голубков, Е.П. Маркетинговые исследования: теория, методология и практика [Текст]. - М.: Финпресс, 1998. - 416 с.
6. Клей ПВА [Электронный ресурс] : Сайт о клеях : i-glue.ru. – 2014. – Режим доступа : <http://i-glue.ru/2011-06-18-22-23-02/klej-pva>.
7. Особенности производства клея ПВА [Электронный ресурс] : В производство: Журнал бизнес-идей. – 2014. – Режим доступа : [http://vproizvodstvo.ru/proizvodstvennye\\_idei/proizvodstvo\\_kleya\\_pva/](http://vproizvodstvo.ru/proizvodstvennye_idei/proizvodstvo_kleya_pva/).