

Дворецкова С.В.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент К. В. Макаров  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: dvoretzkovasv@gmail.com*

### **Мониторинг технологических процессов молочной промышленности с использованием контрольных карт Шухарта**

К 2000 году, производство молочной продукции резко снизилось. К этому моменту объем молочного рынка составлял, по данным ВНИИМС лишь 57% от уровня 1990 года. Поголовье скота в СХО упало в два раза, товарность молока составляла около 50%. С момента стабилизации, к 2014 году, объем молочного производства установился на довольно низком для страны уровне - 30-32 млн т. Производство молока и молочных продуктов в личных подсобных и фермерских хозяйствах составляет около половины всего объема, произведенного в стране.

При производстве продуктов питания, требования к технологиям процесса и контролю качества продукции ужесточаются в разы. Этому способствуют высокие риски, связанные с выпуском непригодной к потреблению продукции и большие объемы.

Рекомендации по анализу точности и стабильности технологических процессов описаны в ГОСТ Р 50779.42-99. Основное средство, использующее статистические подходы - контрольная карта. Цель контрольных карт - обнаружить неестественные изменения в данных из повторяющихся процессов и дать критерии для обнаружения отсутствия статистической управляемости.

Общий подход к контролю состоит из использования диаграмм изменчивости выборочных значений плановых спецификаций в этих выборках и рассматривается степень их близости к оптимальным значениям. Если диаграммы обнаруживают наличие тренда выборочных значений или оказывается, что выборочные значения находятся вне заданных пределов, то считается, что процесс вышел из-под контроля, и предпринимаются необходимые действия для того, чтобы найти причину его разладки.[1]

Рассмотрим применение контрольных карт на реальных данных технологического процесса автоматизированного доения. Алгоритм применения дополнен учётом трендовой составляющей, как среднего значения. Данное правило позволяет отслеживать периодичность процесса, а также характер изменений случайной величины.

Состояние технологического процесса характеризуется суммарной погрешностью, возникающей вследствие действия причин случайного и систематического характера.

Рассеивание значений параметров вследствие наличия указанных погрешностей с достаточной степенью адекватности может быть аппроксимировано нормальным законом распределения.

Для каждой подгруппы определяют несколько характеристик, таких как трендовая составляющая подгруппы  $\bar{X}$ , размах подгруппы  $R$  или выборочное стандартное отклонение  $\bar{S}$ . Карта Шухарта требует данных, получаемых выборочно из процесса через примерно равные интервалы.

Контрольные границы на карте Шухарта находятся на расстоянии  $3\sigma$ , где  $\sigma$  - генеральное стандартное отклонение используемой статистики. Проверка гипотезы о виде распределения выборки производится с помощью критерия «хи-квадрат» с уровнем значимости 0,05.

Фактический тип тренда устанавливают на основе подбора его функциональной модели статистическими методами либо сглаживанием исходного временного ряда, где коэффициент достоверности аппроксимации вычисляется по формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

Для выявления наличия тенденции разработано множество достаточно простых критериев, основанных на корреляции рангов, поворотных точках и т.д., однако наиболее надежные

результаты получаются в результате проверки по критерию серий, основанный на медиане выборки. Для того, чтобы не была отвергнута гипотеза о случайности исходного ряда должны выполняться следующие неравенства (для 5% уровня значимости  $u_{кр} = 1.96$ ):

$$\begin{cases} \tau_{\max}(n) < [3.3(\lg n + 1)], \\ v(n) > \left[ \frac{1}{2}(n + 1 - 1.96\sqrt{n-1}) \right]; \end{cases} \quad (2)$$

Если хотя бы одно из неравенств нарушается, то гипотеза об отсутствии тренда отвергается. Если полученное значение t-статистики меньше табличного на заданном уровне значимости, есть основание принять гипотезу об отсутствии тренда[2].

Рассчитаем контрольные верхние и нижние границы, размах границ составляет 6σ. Построим карту индивидуальных значений и R-карту размаха:

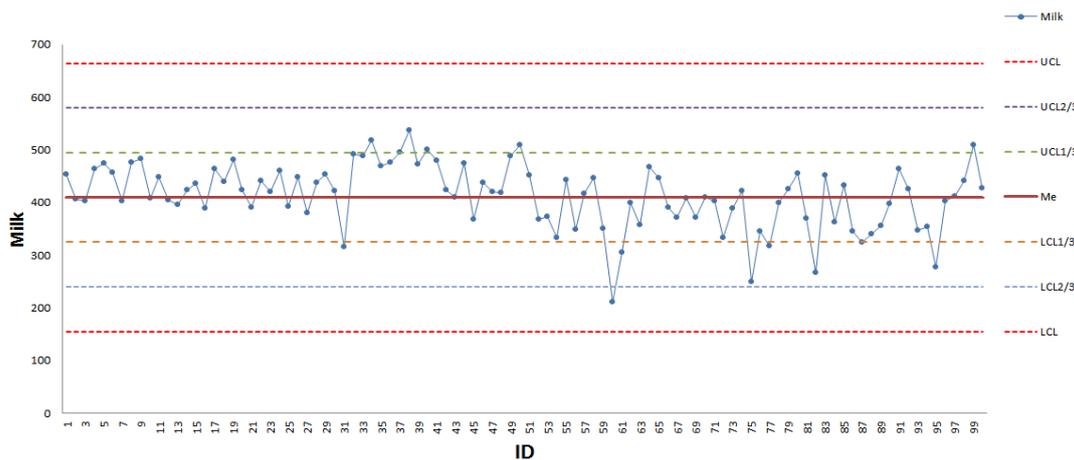


Рис. 1 «XmR-карта индивидуальных значений»

Для анализа процесса с помощью контрольных карт Шухарта предусмотрен набор из восьми критериев (тестов). Выявление положительного результата одного из тестов говорит о том, что в процессе обнаружены особые случаи или о том, что процесс выходит из-под контроля, становится статистически неуправляемым[3].

### Литература

- ГОСТ Р 50779.42-99 (ИСО 8258-91) Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. 36 с.
- Коуден Д. Статистические методы контроля качества / Д.Д. Коуден; перевод с английского. Под редакцией Б.Р. Левина. М: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. 623 с.
- Шиндовский Э. Статистические методы управления качеством контрольные карты и планы контроля / Э. Шиндовский, О. Шюрц; перевод с немецкого. М.: Издательство «Мир», 1976. 597 с.